



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Evolutionsbiologische Studien an Zähnen und Extremitäten der Höhlenbären in der alpinen Höhle Wildkirchli (Säntis, Schweiz)

verfasst von
Martina Sesar

angestrebter akademischer Grad
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 406 445
Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramt Mathematik und Biologie und Umweltkunde
Betreuer / Betreuer: Emer. Prof. Dr. Gernot Rabeder



Abbildung 1: Wildkirchli mit Brücklein zur Zeit der Eremiten. Kolorierter Kupferstich von G. Lory (nach Bächler 1936)

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	4
Vorwort	5
1. Einleitung.....	7
1.1 Fundstelle und Profil.....	7
2. Material	11
3. Methodik	13
4. Resultate	17
4.1 Resultate der Zähne	18
4.1.1 Taxonomische Zugehörigkeit.....	28
4.2 Resultate der Metapodien	33
4.3 Run – Chew Korrelation	35
5. Diskussion.....	37
6. Conclusio.....	40
7. Zusammenfassung	41
8. Abstract	42
9. Literaturverzeichnis.....	43
10. Abbildungsverzeichnis.....	45
12. Curriculum vitae.....	48

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken die mich während meiner Studienzeit und meiner Diplomarbeit unterstützt haben. Ganz besonderen Dank möchte ich Herrn Univ. Prof. Dr. Gernot Rabeder aussprechen, der mich bestmöglich betreut und mir tatkräftig zur Seite gestanden hat.

Ich danke meinen Eltern, Mirjana und Zlatko Sesar, für ihre liebevolle und finanzielle Unterstützung. Sie sind immer für mich da und waren eine psychische Stütze in Zeiten von schwierigen Prüfungen. Auch danke ich meinem Bruder, Markus Sesar, und seiner Freundin, Lisa Baumgartner, die mich so gar in stressigen Zeiten zum Lachen gebracht haben. Ich hoffe, ich kann euch genauso bei eurem Studienweg helfen, wie ihr mir geholfen habt.

Ich möchte mich auch ganz herzlich bei Dr. Traude Stelzl und Prof. Mag. Franz Stelzl bedanken, die sich während meiner Kindheit und Jugend um meine Ausbildung bemüht haben. Danke, dass ihr mit mir unzählige Hausübungen gemacht habt. Mit euch und bei euch hat mir Lernen am meisten Spaß gemacht!

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Fels in der Brandung, Marijan Ilicic, bedanken, der in allen Situationen ein emotionaler Halt und Motivator ist. Wir haben uns gegenseitig durch unsere sehr verschiedenen Studienrichtungen so gut es geht unterstützt. Ich werde die unzähligen Tage und Nächte, die wir in der Bibliothek verbracht haben, niemals vergessen.

Evolutionsbiologische Studien an Zähnen und Extremitäten der Höhlenbären in der alpinen Höhle Wildkirchli (Säntis, Schweiz)

Vorwort

Das Wildkirchli ist die berühmteste Bärenhöhle der Alpen. Sie ist nicht nur wegen des Reichtums fossiler Bärenreste bekannt geworden, sondern vor allem durch die vermeintlichen und tatsächlichen Spuren des paläolithischen Menschen, die von Emil Bächler aus St. Gallen in den Jahren 1904 bis 1906 ausgegraben wurden. Aber schon vorher war die Höhle durch den Roman „Der getreue Ekkehard“ von Viktor Scheffel weltberühmt geworden. Ein großer Teil des Romans ist in der Höhle entstanden.

Ein Kooperationsabkommen zwischen dem Naturmuseum St. Gallen und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Jahr 2011 vereinbarte die Aufarbeitung des Fossilmaterials, welches unter der Leitung des Archäologen Emil Bächler zwischen 1904 bis 1908 ausgegraben wurde, aber nie bearbeitet wurde. Die Fossilien wurden erst nach dem Transport am Institut Paläontologie der Universität Wien aus der Originalverpackung entnommen, präpariert und laut Beschriftung inventarisiert. Für die Diplomarbeit wurden mir die Fossilien freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Die Höhle Wildkirchli ist deshalb so interessant, da sie neben der Rameschknochenhöhle die einzige hochalpine, bekannte Bärenhöhle mit Artefakten des Neandertalers ist. Erst vor wenigen Jahren hat sich herausgestellt, dass die Evolutionshöhe des Höhlenbärengebisses von der Höhenlage der alpinen Fundstellen mit der Altitude korreliert ist (Rabeder et al 2008).

Das Wildkirchli besitzt außerdem ein durchgehendes Profil, in dem die Fossilien offensichtlich ungestört in waagrechten Schichten zu finden sind. Ursprünglich wurde angenommen, dass alle Höhlenbären der Art *Ursus spelaeus* Rosenmüller 1794 angehören. Neuere Erkenntnisse, die vor allem durch die Analyse der fossilen mtDNA entstanden sind, sagen uns, dass zumindest vier verschiedenen Taxa der

Höhlenbärengruppe in den Alpen zu Hause waren (Rabeder & al. 2004, Rabeder & Hofreiter 2004). Die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, dass die Höhlenbärenreste aus dem Wildkirchli vorwiegend der Unterart *Ursus spelaeus eremus* Rabeder & al. 2004 zuzurechnen sind. Es wird aber vermutet, dass es in den geologisch jüngsten Schichten auch Reste des vor ca. 50.000 Jahren in Mitteleuropa eingewanderten *Ursus ingressus* Rabeder & al. 2004 gibt (mündliche Mitteilung von G. Rabeder). Nach ausführlicher Recherche ergaben sich folgende Fragestellungen: Sind Veränderungen der metrischen und morphologischen Daten der Höhlenbärenreste im Verlauf des Profils zu erkennen? Wenn es der Fall ist, welche Gründe könnte die Veränderungen bewirkt haben? Welche Schlussfolgerungen können gezogen werden im Bezug auf die Klimaveränderungen, welche mit dem verfügbaren Nahrungsangebot vernetzt sind. Gibt es womöglich auch noch andere Gründe für die Veränderung des Profils wie zum Beispiel die Immigration des *Ursus ingressus*?

1. Einleitung

1.1 Fundstelle und Profil

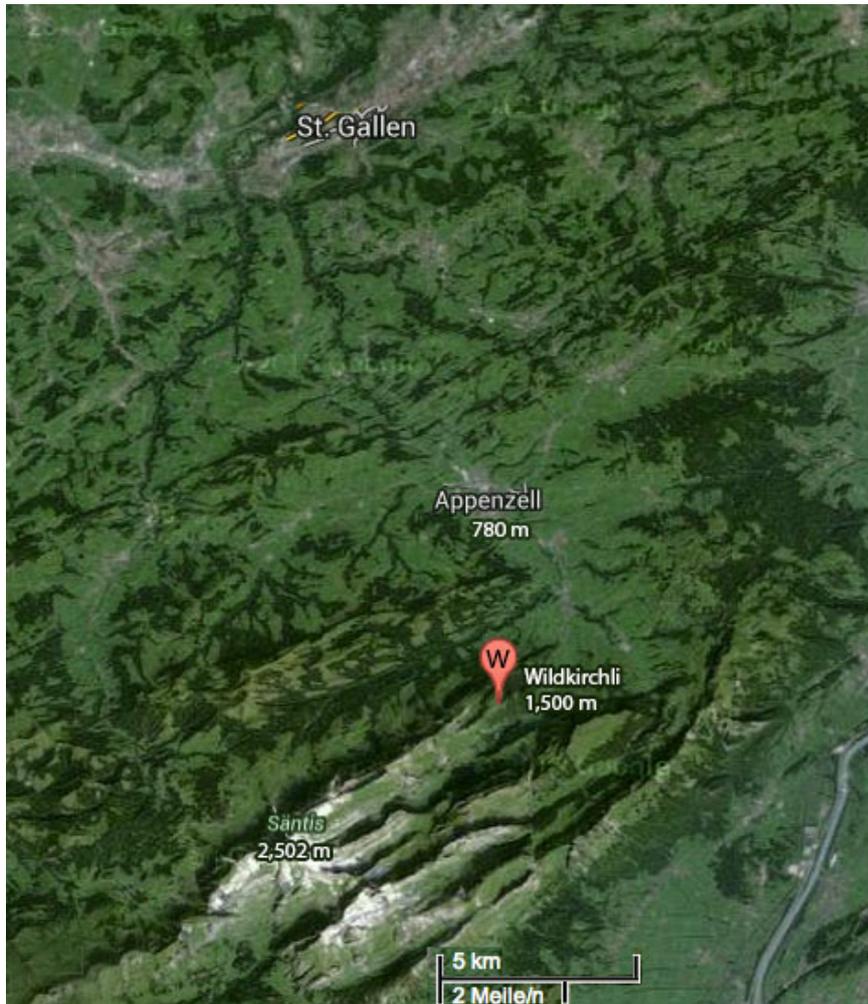


Abbildung 2: Lage des Wildkirchlis im Säntis

verändert nach:

<https://www.google.at/maps/place/Wildkirchli,+9057+Schwende,+Schweiz/@47.2846,9.41504,562m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x479b2413d8b48b43:0x39e57d4bded4077d!6m1!1e1>

Die Wildkirchli–Ebenalphöhle liegt auf einer Meereshöhe von 1477 – 1500 m im Kanton Appenzell-Innerrhoden. An einer 100 m hohen Felswand am Ostrand der Ebenalp kann man auf halber Höhe zwei fast halbkreisförmige Höhlenöffnungen erkennen. Die südlichere Öffnung führt in die Altarhöhle, welche ungefähr 12 m breit, 11 m lang und 3 m hoch ist. Eine Tür verbindet die Altarhöhle mit der Kellerhöhle, welche eine Fläche von ungefähr 180 m² aufweist. Die Höhle wird umso höher je tiefer man in die Höhle geht und erreicht in der Kellerhöhle bei 27 m den höchsten Punkt.

Die Decke bildet durch den steilen senkrechten Anstieg einen Schlot. Von diesem tropft Wasser, welches damals im Gasthaus „Zum Wildkirchli“ Verwendung fand, welches vor der zweiten Höhlenöffnung stand. Dieses Gasthaus hatte in der Höhle eine Tanzfläche, welche in den Protokollen als „Tanzboden“ bezeichnet wird. Dahinter befindet sich die Gasthaus-Höhle, die südlich mit der Kellerhöhle verbunden ist und westlich durch einen schmalen Weg in die Obere Höhle führt. Dieser Teil der Wildkirchlihöhle ist mit Abstand der größte Bereich. Die Obere Höhle besitzt einen zweiten Eingang, der circa 20 m höher liegt als der erste (Bächler 1906) und heute den Besuchern dient, die von der Seilbahnstation Ebenalp kommend die Höhle betreten wollen.

Das Vorhandensein von Höhlenbärelementen in der Wildkirchlihöhle war den Einwohnern schon lange bekannt, jedoch wurde erstmals 1861 von *Ursus spelaeus*-Funden berichtet. In den Jahren 1863 und 1864 wurden kleinere Untersuchungen in der Höhle unternommen, die Grabungen reichten aber nicht tiefer als einen Meter. Im Herbst 1903 begann Emil Bächler die Grabungen mit dem Ziel ein vollständiges Skelett eines Höhlenbären für die naturhistorischen Sammlungen in St. Gallen auszugraben. In der Altar- und Kellerhöhle waren die Grabungsbedingungen ziemlich enttäuschend, denn die meisten größeren Skelettteile waren zerbrochen und lagen wirt durcheinander. Erst später, als man Steinwerkzeuge fand, vermutete Bächler, dass die vorderen Bereiche, also Altarhöhle und Gasthaushöhle, Wohnplätze des steinzeitlichen Menschen waren und dass diese Höhlenbereiche durch den fossilen Menschen gestört worden waren. Schließlich fand man ein vollständiges männliches Höhlenbärenexemplar im hinteren Bereich der Oberen Höhle. Vermutlich hatten die Höhlenbären diesen Teil der Höhle als Ruhe- und Sterbeplatz verwendet. Im Jahr 1908 wurden die Grabungsarbeiten hauptsächlich abgeschlossen (Bächler 1957).

Erneute Grabungen fanden von 1958 bis 1960 unter der Leitung von Elisabeth Schmid (Basel) statt. Nach Sedimentanalysen wurden die Sedimente der Höhle auf ein Alter von ungefähr 60 000 bis 10 000 Jahre geschätzt, was damals der Würm-Eiszeit entsprochen hat (Schmid 1977).

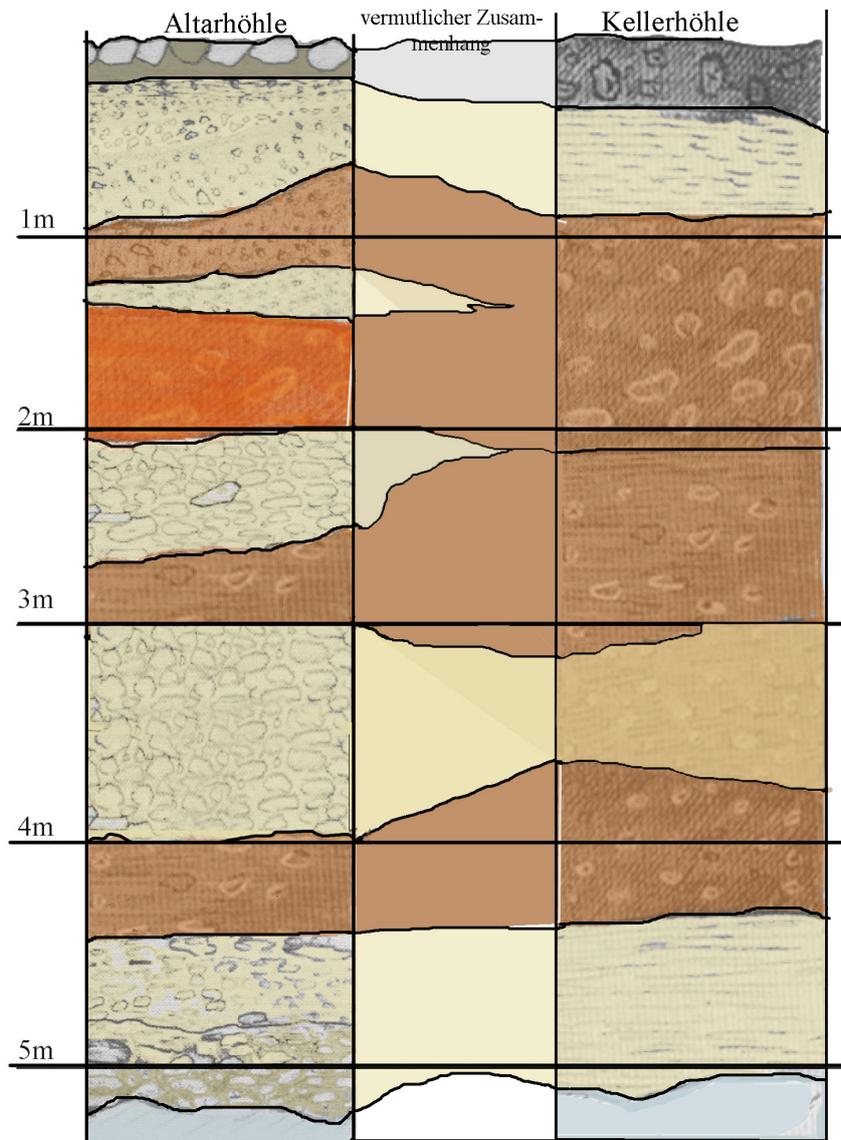


Abbildung 3: Profil im Wildkirchli – Altarhöhle und Kellerhöhle mit einem vermutlichen Zusammenhang, graphisch dargestellt von Gernot Rabeder und Martina Sesar

Das Sedimentpaket der Wildkirchlihöhle wurde in fünf Schichten gegliedert. In der Altarhöhle ist ein Steinboden, der für die Kirche verlegt worden ist, vorhanden. Da unter dem Steinbelag auch eine dunkle Erdschicht, vermutlich zur Glättung des Bodens angebracht worden ist, beginnt die erste Schicht bei ungefähr 35 cm und verläuft in der Altarhöhle bis zu 100 cm. In der Kellerhöhle beginnt diese Schicht erst bei 90 cm. Darüber liegt eine Steinschuttschicht, da sich einige Deckenteile abgelöst hatten und den Boden mit Steinen bedeckten. In der Kellerhöhle geht die hellgelbe, leichtlehmige Schicht bis zu knappen 150 cm. In der ersten Schicht gibt es keine Funde, jedoch befinden sich größere Verwitterungsstücke in der ersten Schicht. Die zweite Schicht ist die „Obere Höhlenbären-Schicht“, die eine maximale Tiefe von 310

cm erreicht. Diese Schicht kann man allein schon durch die dunklere Farbe von der ersten Schicht unterscheiden. Sie enthielt waagrecht liegende Höhlenbärenelemente und Artefakte. Die waagrechte Position der Fossilien lässt darauf schließen, dass diese Elemente nicht gestört worden sind und noch in ihrer Erstposition liegen. In der Altarhöhle gibt es in dieser Schicht kleinere Abschnitte, die ohne Funde sind, was in der Kellerhöhle nicht der Fall ist. Die dritte Schicht ist eine fundleere, steinige Schicht, die in der Altarhöhle bis in eine Tiefe von 410 cm reicht, in der Kellerhöhle bis circa 360 cm. Daran schließt die „Untere Höhlenbären-Schicht“ an, die von vorne nach hinten mächtiger wird. In der Altarhöhle nimmt die Untere Höhlenbärenschicht 50 cm ein, in der Kellerhöhle doppelt so viel. Auch in dieser dunkelbraunen, lehmigen Schicht liegen die Höhlenbärenelemente waagrecht angeordnet. Die letzte und damit fünfte Schicht ist eine hellgelbe Lehmschicht, die ohne jegliche Funde in der Altarhöhle bis zu 550 cm und in der Kellerhöhle bis zu 510 cm unter dem Höhlenboden hinabreicht und dem nativen Felsboden aufliegt.

2. Material

Das hier untersuchte Fossilmaterial stammt von den Grabungen unter der Leitung von Emil Bächler aus den Jahren 1905 bis 1912. Da sich der Schwerpunkt der Forschung immer mehr auf archäologische Fragen zugespitzt hatte (Bächler 1936), wurde dem Fossilmaterial offensichtlich nicht größeres Interesse entgegen gebracht und der bei weitem größte Teil der Funde, die Knochen und Zähne der Bären, wurden nicht weiter behandelt. Die Masse der tierischen Fossilien wurde noch in der Originalverpackung (d.h. eingewickelt in Zeitungspapier aus den Grabungsjahren) über mehr als 100 Jahre im Naturmuseum St. Gallen aufbewahrt.

Eine Kooperation zwischen dem Naturmuseum St. Gallen und dem Institut für Paläontologie der Universität Wien machte es möglich, dass das Fossilmaterial des Wildkirchli aber auch aus dem Drachenloch bei Vättis und aus dem Wildenmannisloch, wissenschaftlich untersucht werden konnte (Frischauf et al 2011, 2013). Während die größeren Funde wie Schädel, Kiefer und ganze Langknochen am Naturmuseum St. Gallen metrisch und morphologisch aufgenommen werden konnten, erschien es für die riesigen Mengen der Wildkirchli-Fossilien besser, sie in den Laboratorien der Universität Wien zu präparieren und wissenschaftlich zu bearbeiten.

Im Jahr 2011 wurde der erste und im Jahr 2012 der zweite Teil der Fossilien von Mag. C. Frischauf und Dr. G. Rabeder von St. Gallen nach Wien transportiert. Die Fossilien wurden im Institut für Paläontologie der Universität Wien sowie im Labor der Biologischen Station im Wassercluster Lunz/See gereinigt und gehärtet. Um Verwechslungen mit älteren Inventarnummern zu vermeiden erhielten alle Stücke aus dem Wildkirchli, die in Wien bzw. Lunz präpariert worden waren das Symbol WKV (**WildKirchli Vienna**). Die älteren Elemente tragen das Symbol WK (**WildKirchli**).

Es wurden alle messbaren Elemente bestimmt, sortiert und inventarisiert. Urlisten wurden erstellt, in die auch die stratigraphischen Angaben wie Fundareal und Fundtiefe eingetragen wurden. In diesen Urlisten wurden sowohl die ganzen, die juvenilen als auch alle fragmentierten Elemente festgehalten.

Folgende Elemente wurden für die evolutionsbiologischen Studien herangezogen: alle Backenzähne und Eckzähne der adulten Höhlenbären (m1, m2, m3, M1, M2, M3, p4,

P4, C) und alle Metapodien (Mc1, Mc2, Mc3, Mc4, Mc5, Mt1, Mt2, Mt3, Mt4, Mt5). Hauptsächlich wurden WKV Elemente verwendet. Bei den Metapodien, Prämolaren und Canini kommen auch einige WK-Elemente vor, deren Fundetiketten eine Fundtiefe erkennen ließen.

	Mc1	Mc2	Mc3	Mc4	Mc5	Mt1	Mt2	Mt3	Mt4	Mt5	Gesamt
Anzahl	22	20	24	15	14	25	37	31	14	8	210

Tabelle 1: Anzahl der verwendeten Metapodien

	m1 inf	m2 inf	m3 inf	p4	M1 sup	M2 sup	P4 sup	Canini		Gesamt
	-	-	-		-	-		w	m	
Anzahl	51	62	107	40	90	29	38	92	114	623

Tabelle 2: Anzahl der verwendeten Zähne

3. Methodik

Der erste Arbeitsschritt bestand darin, die Urlisten mit den Fundtiefen zu ergänzen. Die Fundtiefen wurden dem so genannten „Hauptinventar“ entnommen, das durch die Vorarbeiten von Christine Frischauf und Gernot Rabeder vorlagen (Frischauf et al 2013).

Viele Funde hatten keine Tiefenangabe, weshalb zahlreiche Elemente für die folgenden Studien nicht herangezogen werden konnten. Da die Tiefe der Fundschichten zum Teil in sehr groben Grenzen angegeben sind, häufig besteht eine Höhendifferenz von 70 cm und mehr, wurden die Mittelwerte der Fundtiefen berechnet und diese Werte für die Diagramme herangezogen.

Bei den Zähnen wurden die wichtigsten Maße, Länge und Breite, herangezogen. Für die Verwendung des Evolutionsniveaus wurden die Morphotypen der 4. Prämolaren (P^4 und p_4) und der 2. Molaren (M^2 sup. und M_2 inf.) verwendet.

Bei den Metapodien wurden neben der größten Länge auch die kleinste Diaphysenbreite und die distale Epiphysenbreite verwendet. Indem man die distale Epiphysenbreite durch die gesamte Länge dividiert und mal hundert multipliziert, erhält man den Plumpeitsindex (PI) (Withalm 2001).

Um die Messdaten auch untereinander vergleichen zu können, wurden diese standardisiert. Als Standard dient das Datenmaterial aus der Gamssulzenhöhle, in der bislang das höchste nachgewiesene Evolutionsniveau beim Höhlenbären beschrieben worden ist. Um die einzelnen Daten (größte Länge, kleinste Diaphysenbreite, distale Epiphysenbreite) zu vergleichen, dividiert man die Werte durch die gleichnamigen, standardisierten Gamssulzenwerte und multipliziert den Wert des Quotienten mal hundert (Rabeder 1999).

Ein weiterer wichtiger und aussagekräftiger Faktor ist der run-chew-Index. Im run-chew - Diagramm wird auf der x-Achse der Mittelwert aller standardisierten Metapodienlängen und auf der y-Achse der Mittelwert aller standardisierten Backenzähne aufgetragen. Dadurch lässt sich feststellen, wie stark sich die Gliedmaßen in Korrelation zu den Backenzähnen vergrößern bzw. verkleinern. Es ist bekannt, dass *Ursus arctos* relativ lange und schlanke Extremitäten aufweist, jedoch

kleinere Zähne besitzt. Die schlanken Extremitäten helfen den Braunbären bei der omnivoren Lebensweise. Mit ihren schlanken Gliedmaßen können sie schneller laufen (Rabeder et al 2010).

Bei den Zähnen ging man dann ähnlich vor wie bei den Metapodien. Es wurden die Länge und die Breite der jeweiligen Zähne (m1, m2, m3, M1, M2, M3, p4, P4, C) standardisiert.

Die Molaren und Prämolaren wurden in die gleichen Schichtgruppen wie die Metapodien eingeteilt. Zu jeder Zahnkategorie wurde ein Diagramm erstellt, das sowohl die standardisierte Länge als auch standardisierte Breite im Bezug auf die mittlere Fundtiefe zeigt, um mögliche Veränderungen im Profil feststellen zu können. Neben den Längen und Breiten der Zähne wurden auch die m3/m2- und die M2/M1-Verhältnisse in die Untersuchung einbezogen: diese Indices sind Maße für die Molarisierung der letzten Molaren. Dies bedeutet, dass es zu einer Vermehrung von Höckern und Kanten auf der Kaufläche kommt (Rabeder et al 2008).

Ein weiterer wichtiger Arbeitsschritt war die Erstellung von Diagrammen für die morphodynamischen Indices der Prämolaren und der zweiten Molaren. Der Verlauf der Evolution lässt sich besonders an den Prämolaren (p4 und P4) erkennen. Dabei wird die Anzahl und Anordnung der Höcker, Kanten und Furchen betrachtet und Morphotypen werden definiert. Anschließend werden die Morphotypen in ein morphodynamisches Schema geordnet, dass der Evolutionsrichtung von der einfachsten Form, der Einhöckrigkeit, zur entwickeltsten Form, der Vielhöckrigkeit, entspricht. Diese Entwicklung findet nicht linear statt, sondern erfolgt meist durch Umwege, wodurch die Bezeichnung des morphodynamischen Faktors mit einem Buchstaben und einer Zahl beschrieben wird (Rabeder 1992).

Bei den Canini kam zur Länge und Breite auch noch das Produkt der beiden Maße hinzu. Die Werte der Canini wurden standardisiert und zentriert, um die Trennung zwischen männlichen und weiblichen Elementen im Punktdiagramm deutlicher zu machen, denn wie bei allen lebenden Großbären (*U. arctos*, *U. maritimus*, *U. thibetanus*, *U. americanus*) sind die weiblichen Tiere kleiner als die männlichen. Aus der Längen- und Breitenverteilung lässt sich die Ermittlung des Sex-Index am

sichersten ermitteln. Der Sex-Index gibt die prozentuelle Häufigkeit der weiblichen Tiere an. Er wird errechnet, indem man die Anzahl der weiblichen Höhlenbären durch die Summe der männlichen und weiblichen Höhlenbären dividiert und mit hundert multipliziert. Die Anzahl der männlichen und weiblichen Individuen in einem Höhlenbärenmaterial ist am besten aus den Häufigkeiten der Canini zu erkennen, weil die Eckzähne die am stärksten geschlechtsabhängigen Unterschiede zeigen. Männliche Canini können bis zu 40 % größer sein als weibliche.

In Kombination zum Sex-Index kommt auch der Sexdimorphismus hinzu, der uns Aussage darüber verschafft, um wie viel Prozent die männlichen Höhlenbären größer waren als die Weiblichen. Bei Pflanzenfressern kann der Größenunterschied sehr groß sein. Als Beispiel werden Hirsche und Rehe verglichen, bei denen nur das männliche Tier ein Geweih trägt. Bei den Höhlenbären ist der äußerliche Unterschied zwischen Männchen und Weibchen ziemlich gering. Deshalb nimmt man als Vergleichswert die Eckzähne her. Die männlichen Eckzähne besitzen durchschnittlich 30 % größere Eckzähne als die der Weibchen und sind mit bloßem Auge zu unterscheiden. Männliche Bären brauchen große Eckzähne als Drohwaffe in der Brunftzeit um den Gegner einzuschüchtern. Gekämpft wird schlussendlich mit den riesigen Pranken (Frischauf 2009).

Neueste Untersuchungen haben gezeigt, dass der Sexdimorphismus-Index der Eckzähne mit der Höhenlage der alpinen Fundstellen, auch Altitude genannt, korreliert ist, nämlich je höher die Höhlen liegen desto geringer ist der Sexdimorphismus-Index der Eckzähne (Frischauf & Rabeder 2011).

In dieser Arbeit wurden nur die Zähne und Mittelhand- und Mittelfußknochen (Metapodien) herangezogen, weil diese Elemente mit Abstand die häufigsten Elemente im Fundinventar sind und außerdem auch eine enge Beziehung zur Körpergröße aufweisen (Rabeder et al 2008).



Abbildung 4: Unterschied in der Größe der weiblichen und männlichen Canini in der Schichtgruppe 1

4. Resultate

Alle Diagramme werden als Punktdiagramme dargestellt. Auf der Abszisse werden die Elementwerte in standardisierter Form angegeben und auf der Ordinate die mittleren Fundtiefen in Zentimeter. Die standardisierten Werte erhält man, indem man den gewünschten Wert durch den gleichnamigen Gamssulzen-Wert dividiert und anschließend mit hundert multipliziert. Aufgrund vieler Daten kann man nur einen geringen Trend erkennen, der durch die Variabilität nicht eindeutig ist (s. Abb. 5). Deshalb werden Diagramme dargestellt, die in vier Schichtgruppen eingeteilt wurden, um einen Trend im Profil besser erkennen zu können. Die erste Fundeinheit WK1 geht von 0 bis 100 cm, die zweite Fundeinheit WK2 von 100 bis 170 cm, die dritte Fundeinheit WK3 von 170 bis 300 cm und die vierte Fundeinheit WK4 von 300 bis 400 cm. Von diesen Schichtgruppen wurde immer der Median zur Darstellung der Diagramme verwendet. Im folgenden Beispiel erkennt man, dass ein solch dargestelltes Diagramm aufgrund der vielen Daten keine Klarheit bringen kann, obwohl es nur die standardisierten m_3 Breiten enthält. Indem man die Mediane der genannten Schichtgruppen verwendet, kann man nicht nur einen Trend des Parameters besser erkennen, sondern auch mehrere Parameter in ein Diagramm geben um eine leichtere Vergleichsmöglichkeit zu erhalten.

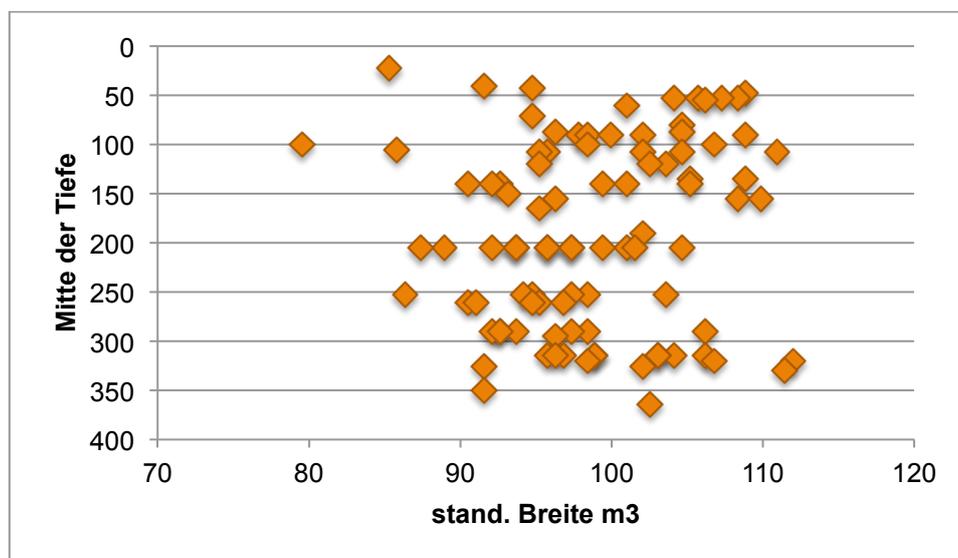


Abbildung 5: Verteilung der standardisierten m_3 im Profil

4.1 Resultate der Zähne

Besonders bei den Backenzähnen ist ein Trend zu erkennen, der sich in fast allen einzelnen Zahndiagrammen mal mehr bzw. mal weniger bemerkbar macht. In den folgenden Diagrammen wiederholt sich ein Trend, der eine „S-Kurve“ beschreibt. Das heißt, dass zuerst die Parameter von der Schichtgruppe WK4 zu WK3 abnehmen, dann von WK3 zu WK2 zunehmen und schließlich von der Schichtgruppe WK2 in die oberste Schicht WK1 neuerlich abnehmen.

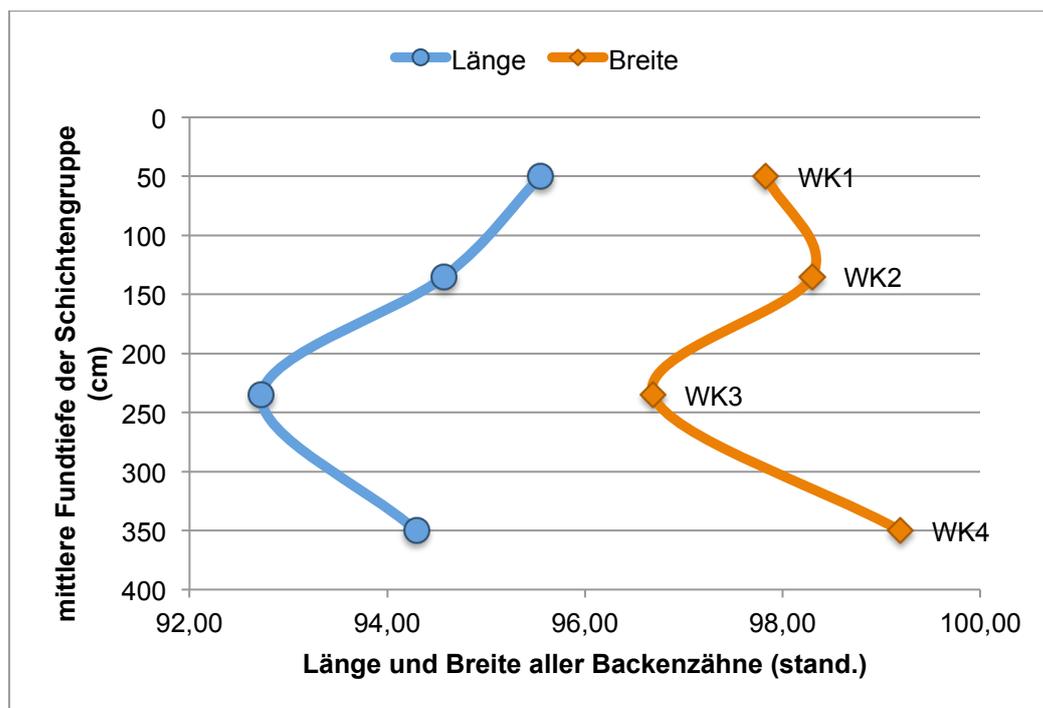


Abbildung 6: Vergleich der standardisierten Molarenbreiten- und längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	133	95,55	97,83
100 - 170 cm	135 cm	56	94,58	98,30
170 - 300 cm	235 cm	149	92,73	96,69
300 - 400 cm	350 cm	79	94,29	99,19

Tabelle 3: Vergleich der standardisierten Molarenbreiten- und längen in den Schichtgruppen

Die Abbildung 6 zeigt wie stark Länge und Breite aller Backenzähne miteinander korrelieren. Nimmt die Breite im Laufe der Evolution ab oder zu, dann auch die Länge. Dieser Vorgang ist sehr gut im Profil zu beobachten, besonders in der Tiefe von 135 cm bis 350 cm. Im Gegensatz zum Gamssulzen Höhlenbären ist sowohl die Breite der Backenzähne, als auch noch viel mehr die Länge der Backenzähne der Wildkirchli Höhlenbären deutlich kleiner. Von der 4. Schicht bis zur 2. Schicht durchläuft U.

eremus eine starke Veränderung im Bereich der Backenzähne, da sie zuerst deutlich abnehmen. Später nehmen die Größen wieder zu und pendeln sich mehr bzw. weniger bis in die oberste Schicht ein.

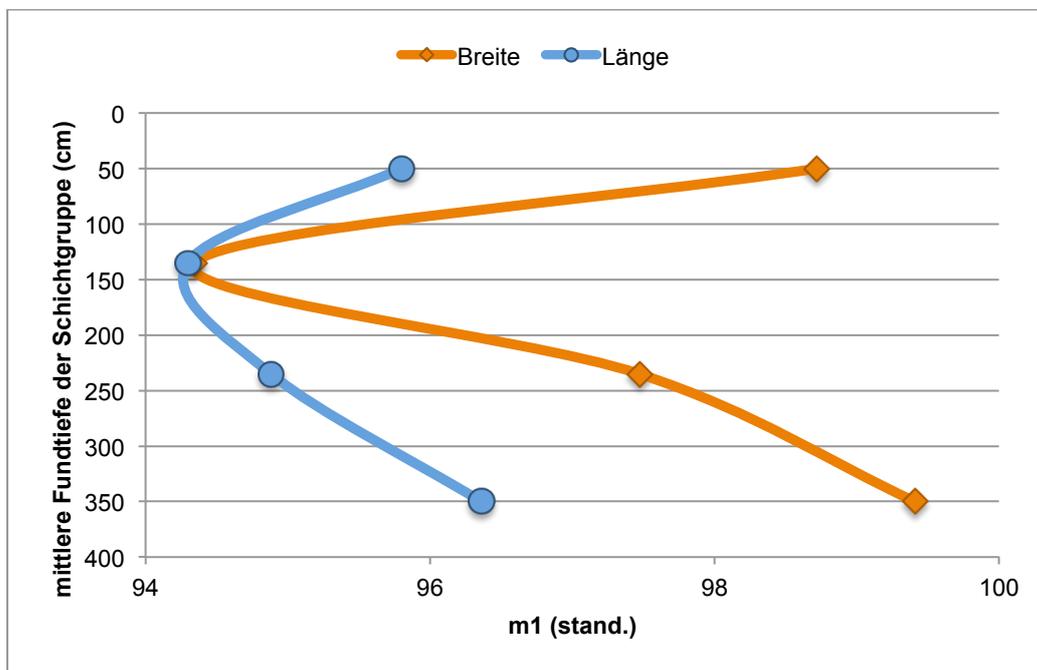


Abbildung 7: Vergleich der standardisierten m1– Breiten und –Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	12	95,30	98,22
100 - 170 cm	135 cm	8	93,80	93,84
170 - 300 cm	235 cm	19	94,38	96,97
300 - 400 cm	350 cm	12	95,86	98,91

Tabelle 4: Vergleich der standardisierten m1 – Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

Die Breite des m1 wird von der Schichtgruppe WK4 bis zur Schichtgruppe WK2 markant schmaler. Von der zweiten Schichtgruppe bis zum obersten Bereich nimmt die Breite jedoch wieder stark zu. Diesen Trend kann man durch die Koexistenz von *U. ingressus* und *U. eremus* in der Wildkirchlihöhle deuten. Die Länge verläuft in ähnlicher Weise, jedoch verändert sich die Länge nicht so sehr prozentuell, wie die Breite des m1. Allerdings ist der Verlauf dieser Trends aufgrund der geringen Stückzahl nicht aussagekräftig.

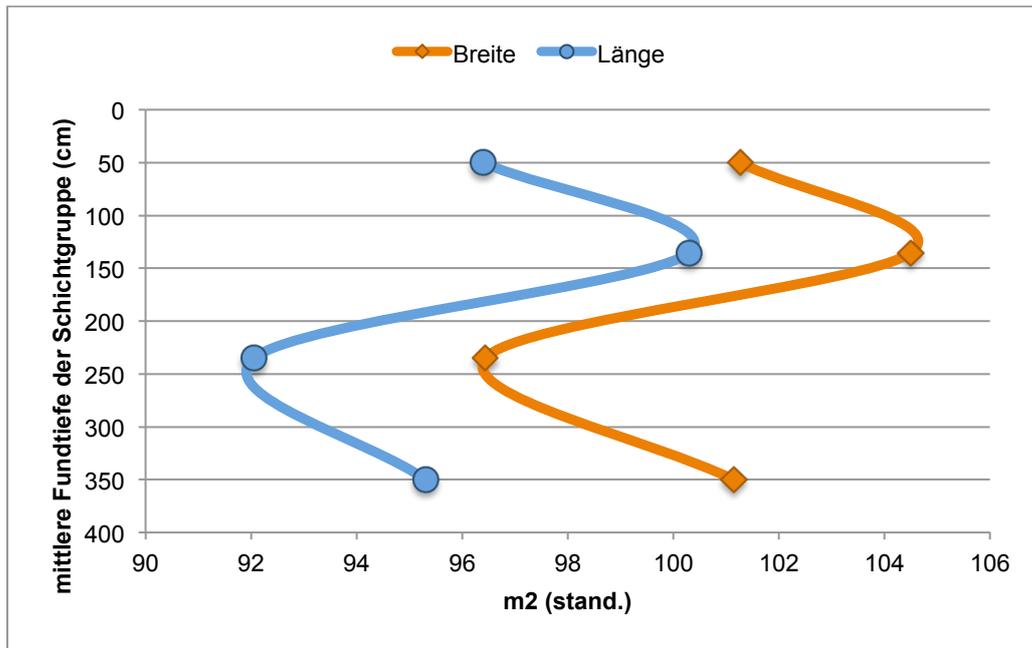


Abbildung 8: Vergleich der standardisierten m2– Breiten und –Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	17	96,39	101,27
100 - 170 cm	135 cm	9	100,30	104,50
170 - 300 cm	235 cm	23	92,05	96,44
300 - 400 cm	350 cm	13	95,31	101,14

Tabelle 5: Vergleich der standardisierten m2 – Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

Sehr gut zu erkennen ist der Trend bei den zweiten unteren Molaren (m2). Wenn man sich die Trendlinie ansieht, verlaufen Länge und Breite in manchen Abschnitten fast schon parallel. Eine Vermutung, weshalb die maximale Größe der Länge und Breite im Profil bei circa 135 Zentimeter liegt ist, dass in dieser Zeit wahrscheinlich *U. ingressus* vorübergehend eingewandert ist und die Werte des *U. eremus* vergrößert. Aufgrund der Koexistenz und wieder Auswanderung des *U. ingressus* nimmt demnach die Länge als auch Breite in der obersten Profilschicht WK1 ab. Auch hier ist der Verlauf dieser Trends aufgrund geringer Stückzahl nicht aussagekräftig.

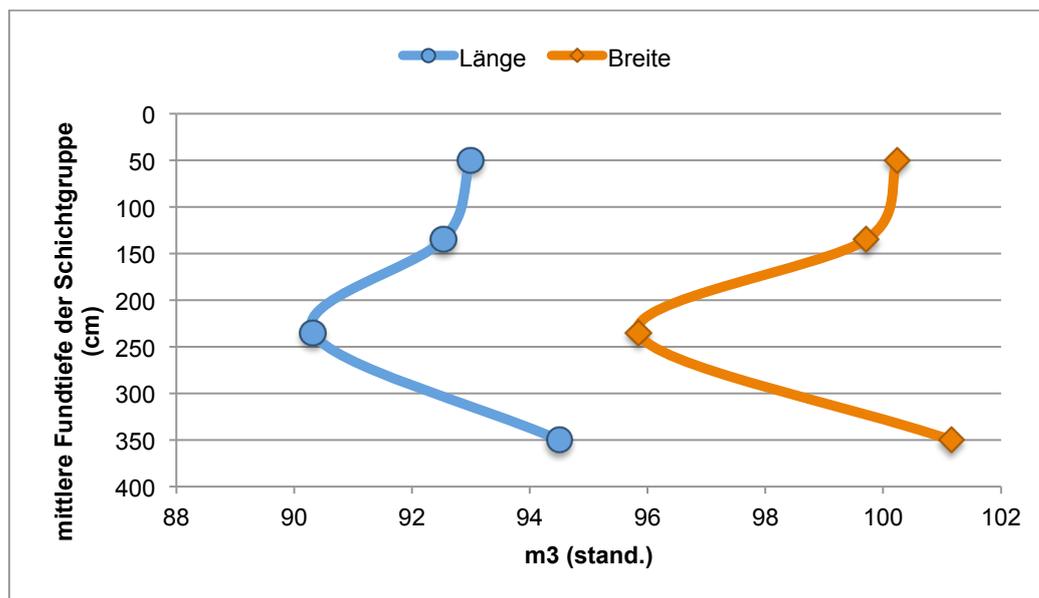


Abbildung 9: Vergleich der standardisierten m3– Breiten und –Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	27	93,00	100,23
100 - 170 cm	135 cm	22	92,53	99,71
170 - 300 cm	235 cm	40	90,32	95,84
300 - 400 cm	350 cm	18	94,50	101,15

Tabelle 6: Vergleich der standardisierten m3 –Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

Wie auch in der m2 Abbildung (siehe Abbildung 8) verlaufen diese Kurven ziemlich synchron. In diesem Fall ist die Breite sogar größer als die Gamssulzenwerte des m3. Sie nimmt jedoch auch in der Schichtgruppe WK3 ziemlich stark ab und regeneriert sich bis in die oberste Schicht wieder. Das Maximum der Länge ist in der vierten Schicht bei knapp 95 % und das Minimum in der dritten Schicht bei 90 %. In den oberen Schichten bleibt die Trendlinie fast konstant bei 93 %.

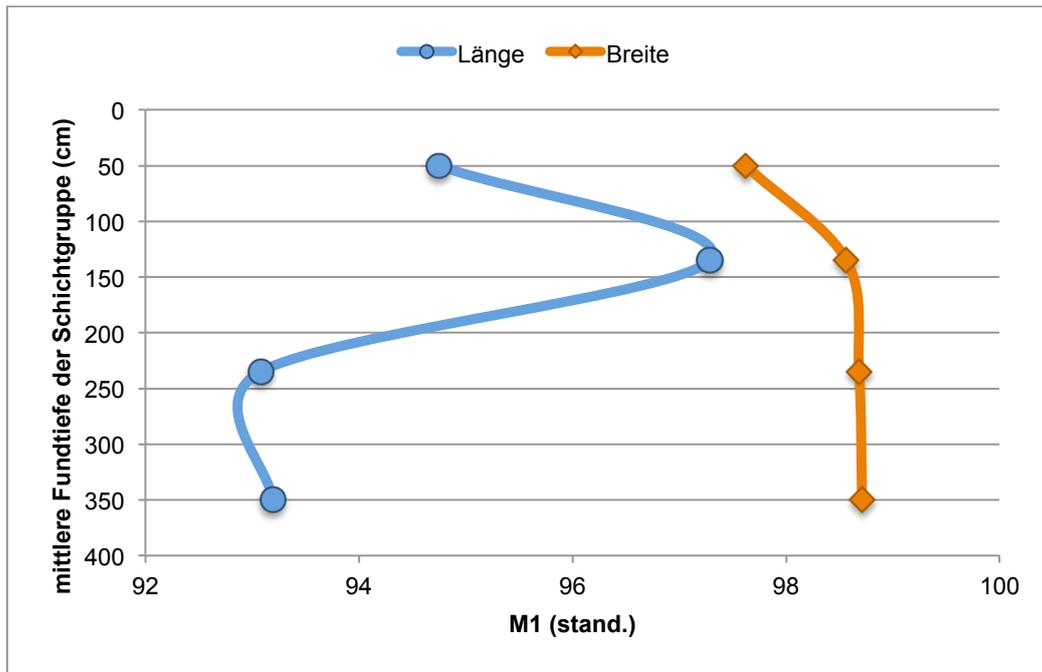


Abbildung 10: Vergleich der standardisierten M1- Breiten und -Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	32	94,75	97,62
100 - 170 cm	135 cm	6	97,29	98,57
170 - 300 cm	235 cm	29	93,08	98,68
300 - 400 cm	350 cm	23	93,19	98,71

Tabelle 7: Vergleich der standardisierten M1 -Breiten und -Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

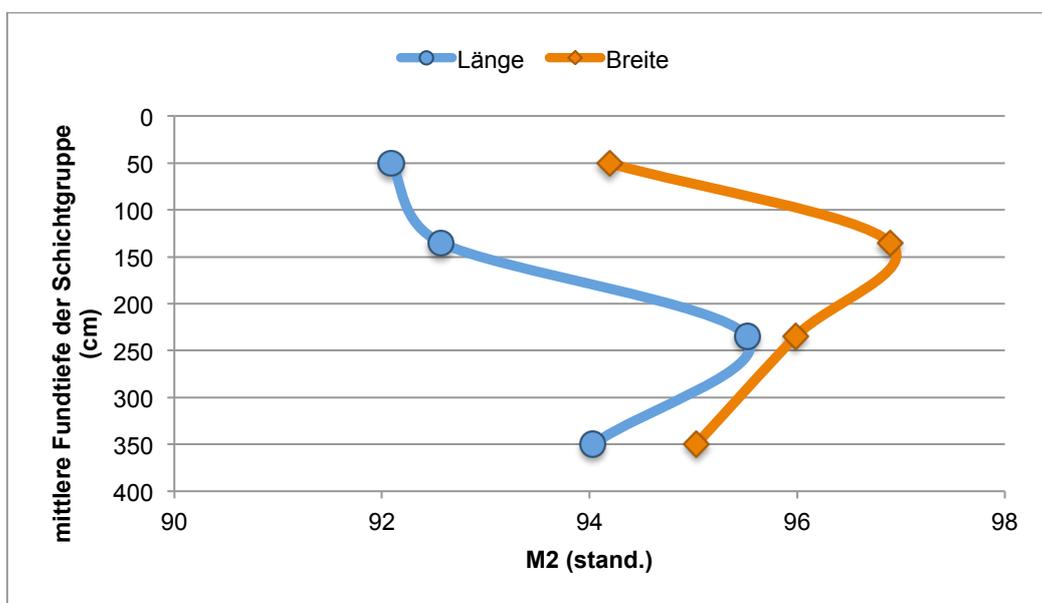


Abbildung 11: Vergleich der standardisierten M2- Breiten und -Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	9	92,09	94,19
100 - 170 cm	135 cm	2	92,57	96,90
170 - 300 cm	235 cm	10	95,52	95,98
300 - 400 cm	350 cm	8	94,03	95,03

Tabelle 8: Vergleich der standardisierten M2 –Breiten und Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

In den Abbildungen 10 und 11 werden die Längen und Breiten der Molaren im Oberkiefer dargestellt. Bei den Molaren M1 und M2 im Verlauf der Schichten verlaufen die Kurven sehr unterschiedlich. Die Breite des M1 ist im Gegensatz zu den anderen Kurven von der vierten bis zur zweiten Schicht ziemlich konstant und hat nur eine minimale Verringerung bis in die oberste Schicht. Die Breite des M2 durchläuft eine Gesamtdifferenz von nicht einmal 1 %. Die Länge des M2 sieht im Vergleich zur Breite ganz anders aus, weil die Kurve zumal eine Veränderung von fast 5 % durchläuft und der Tiefpunkt in der Schichtgruppe WK3 stattfindet. Der Hochpunkt der Länge ist wie auch schon bei anderen Backenzähnen in der zweiten Schichtgruppe. Die M2 Trendlinien der Länge und Breite sind in der vierten Schichtgruppe noch ähnlich. Doch die Trendlinien nehmen ab der dritten Schichtgruppe entgegengesetzte Wege an. Die Breite des M2 nimmt von der vierten Schichtgruppe bis zur zweiten Schichtgruppe fast linear zu, wobei die Breite um knapp 2 % in diesem Bereich ansteigt. Danach nimmt sie jedoch um 3 % ab, wobei das an der Auswanderung des *U. ingressus* liegen könnte. Die Länge des M2 verkürzt sich von der dritten Schichtgruppe bis in die erste Schichtgruppe stark und pendelt sich dann bei 92 % ein. Allerdings ist der Verlauf dieser Trends aufgrund der geringen Stückzahl nicht aussagekräftig.

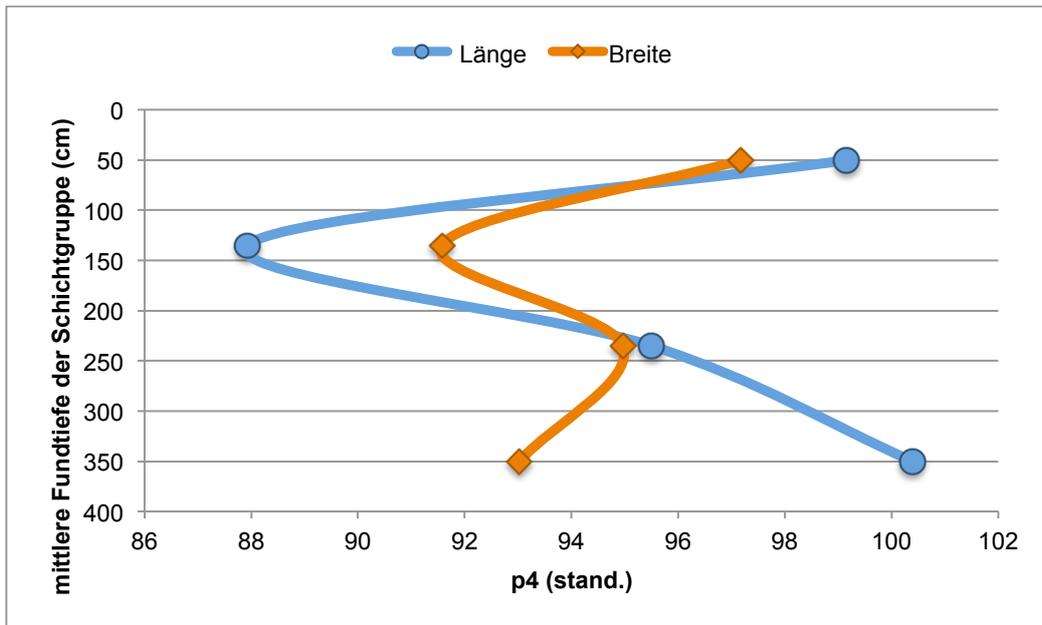


Abbildung 12: Vergleich der standardisierten p4 –Breiten und –Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	25	99,16	97,18
100 - 170 cm	135 cm	2	87,93	91,57
170 - 300 cm	235 cm	12	95,50	94,96
300 - 400 cm	350 cm	1	100,39	93,02

Tabelle 9: Vergleich der standardisierten p4 –Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

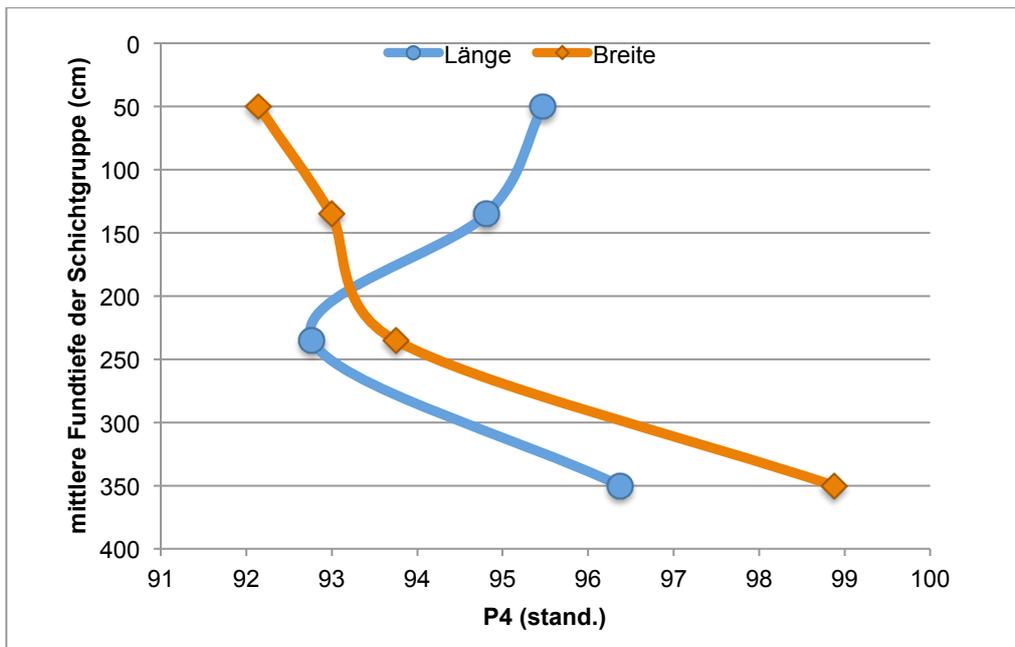


Abbildung 13: Vergleich der standardisierten P4 –Breiten und Längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Mittelwert Länge	Mittelwert Breite
0 - 100 cm	50 cm	11	95,50	92,14
100 - 170 cm	135 cm	7	95,14	92,99
170 - 300 cm	235 cm	16	93,24	93,74
300 - 400 cm	350 cm	4	96,35	98,87

Tabelle 10: Vergleich der standardisierten P4 –Breiten und Längen in Bezug auf die Schichtgruppen

Bei den Diagrammen der Prämolaren p4 und P4 sieht man deutliche Unterschiede zu den Diagrammen der Molaren. Länge und Breite schneiden sich in beiden Diagrammen und verlaufen nicht so wie in manch anderen Diagrammen synchron. Beim p4 Diagramm erkennt man eine schöne „S-Kurve“ bei der standardisierten Breite, die in der vierten Schichtgruppe bei 93 % startet und dann über 95 % in der dritten Schichtgruppe schmaler bis ca. 91,5 % in der zweiten Schichtgruppe wird und schlussendlich bei knappen 97,2 % ihren Höhepunkt erreicht. Die Länge des p4 startet bei ungefähr 100 % und wird bis in die zweite Schichtgruppe (ca. 88 %) kürzer. Jedoch wird die Länge des p4 in der ersten Schichtgruppe wieder deutlich länger und erreicht schlussendlich fast die Ausgangslänge. Auch die Länge und Breite des P4 verlaufen atypisch. Die Trendkurve der Breite beginnt bei fast 99 % und endet in der ersten Schichtgruppe bei 92 % ohne dabei eine starke Wendung zu durchlaufen. Die Kurve der Länge des P4 ähnelt der Trendlinie des m3. Von der vierten bis zur dritten Schichtgruppe nimmt die Trendlinie um 3% ab und steigt bis zur ersten Schichtgruppe um 2% wieder an. Die Prämolaren sind eigentlich ein sehr guter Parameter für den Verlauf der Evolution. Leider nicht im Fall Wildkirchli. Aufgrund von zu weniger Stückzahlen jener Prämolaren, die mit einer stratigraphischen Tiefe verbunden sind, kann man Trends nicht an den Diagrammen der Prämolaren stützen.

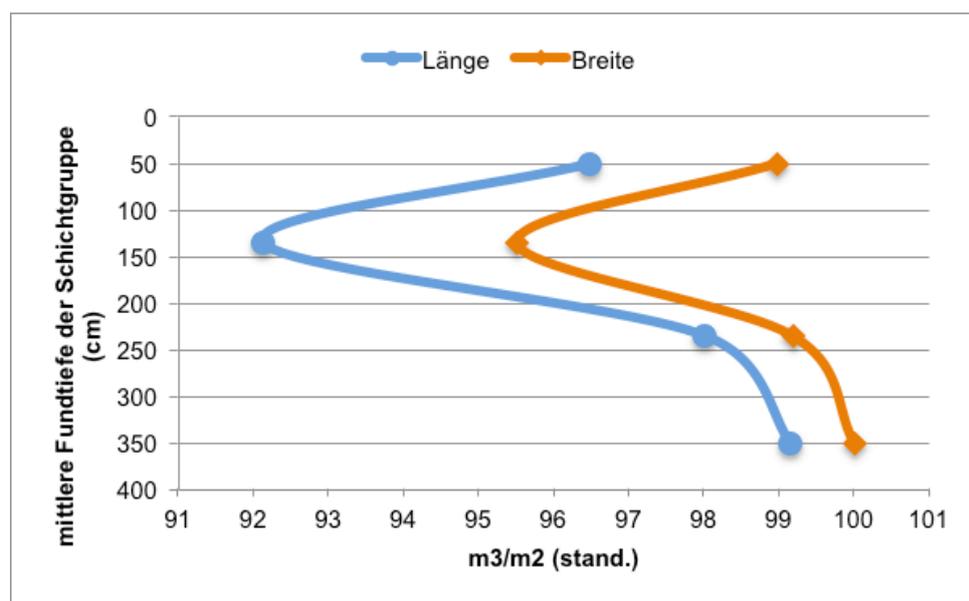


Abbildung 14: Vergleich der standardisierten und zentralisierten m3/m2 – Indexbreiten und -längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Länge	Breite
0 - 100 cm	50 cm	44	96,48	98,98
100 - 170 cm	135 cm	31	92,13	95,51
170 - 300 cm	235 cm	63	98,01	99,18
300 - 400 cm	350 cm	31	99,15	100,01

Tabelle 11: Vergleich der standardisierten und zentralisierten m3/m2 – Indexbreiten und -längen in Bezug auf die Schichtgruppen

Dieser Index wird verwendet, um die unterschiedliche Zunahme der Größe der Zähne im Laufe der Evolution darzustellen da vor allem die letzten Molaren stärker in der Größe zunehmen als die vorderen Molaren. Die Größenzunahme verläuft nicht gleichmäßig, da besonders die letzten Molaren, m3 und M2, mehr Platz haben und dadurch dazu tendieren größer zu werden. Dies kann sowohl mit m3/m2- im Unterkiefer als auch mit dem M2/M1- Verhältnis im Oberkiefer dargestellt werden. In der Abbildung 14 sieht man anhand vom Verhältnis des m3 zum m2 wie die Trendlinie der Breite und auch Länge einen ähnlichen Verlauf durch die Profilschicht durchlaufen. Der Wert des Quotienten der Breite startet bei genau 1 und nimmt bis in die zweite Schichtgruppe deutlich ab. Anschließend steigt dieser fast wieder zum Ausgangswert an. Das Verhältnis der Länge verläuft im Prinzip gleich, jedoch nimmt der Wert stärker als bei der Breite ab, und steigt danach auch nicht mehr bis zum Ausgangswert an. Die m3/m2-Indices gelten als verlässliche Parameter der Gebissevolution (Rabeder et al. 2008), weil sie dimensionslos sind und die allgemeine Vergrößerung des letzten Unterkiefermolaren anzeigen.

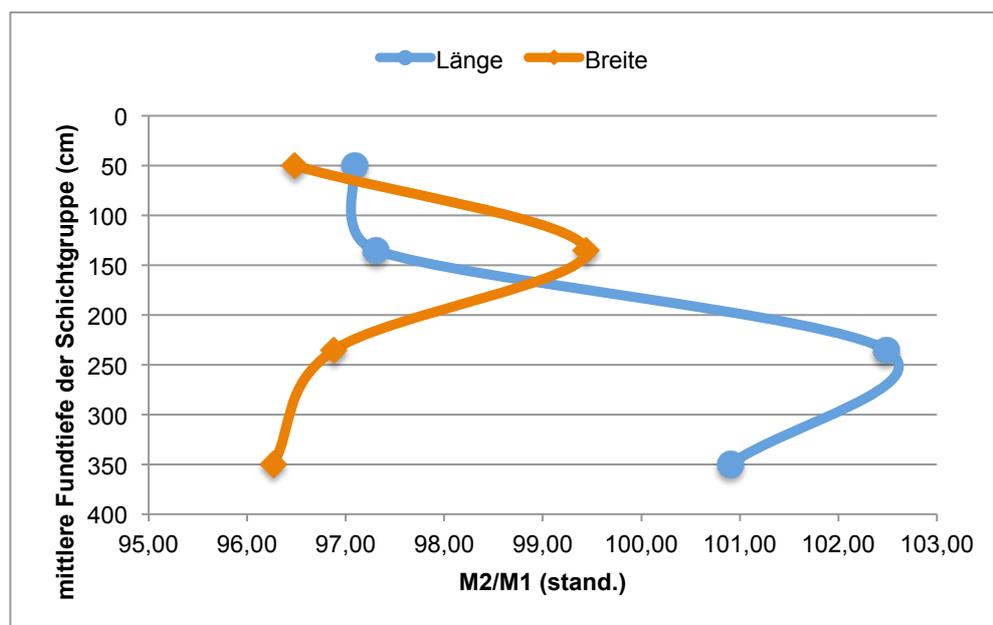


Abbildung 15: Vergleich der standardisierten und zentralisierten M2/M1 – Indexbreiten und –längen in den Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median Tiefe	Anzahl	Länge	Breite
0 - 100 cm	50 cm	41	97,09	96,48
100 - 170 cm	135 cm	8	97,31	99,44
170 - 300 cm	235 cm	39	102,48	96,88
300 - 400 cm	350 cm	31	100,90	96,27

Tabelle 12: Vergleich der standardisierten und zentralisierten M2/M1 – Indexbreiten und –längen in Bezug auf die Schichtgruppen

In dieser Abbildung 15 wird das Verhältnis von M2 zu M1 dargestellt. Da die Breite des M1 als auch des M2 in den beiden vorherigen Abbildungen 10 und 11 von der vierten Schichtgruppe mindestens bis zur zweiten Schichtgruppe angestiegen ist, ist es nicht verwunderlich, dass diese Kurve einen ähnlichen Trend zeigt. Nur von der zweiten in die erste Schichtgruppe wird die Breite um 3 % schmaler. Das Längenverhältnis beginnt von 101 % und steigt in der Schichtgruppe WK3 bis 102,5 %. Anschließend sinkt das Verhältnis jedoch auf 97,3 % und bleibt bis in die obere Schichtgruppe in diesem Bereich. Allerdings ist der Verlauf dieser Trends aufgrund der geringen Stückzahl nicht aussagekräftig.

4.1.1 Taxonomische Zugehörigkeit

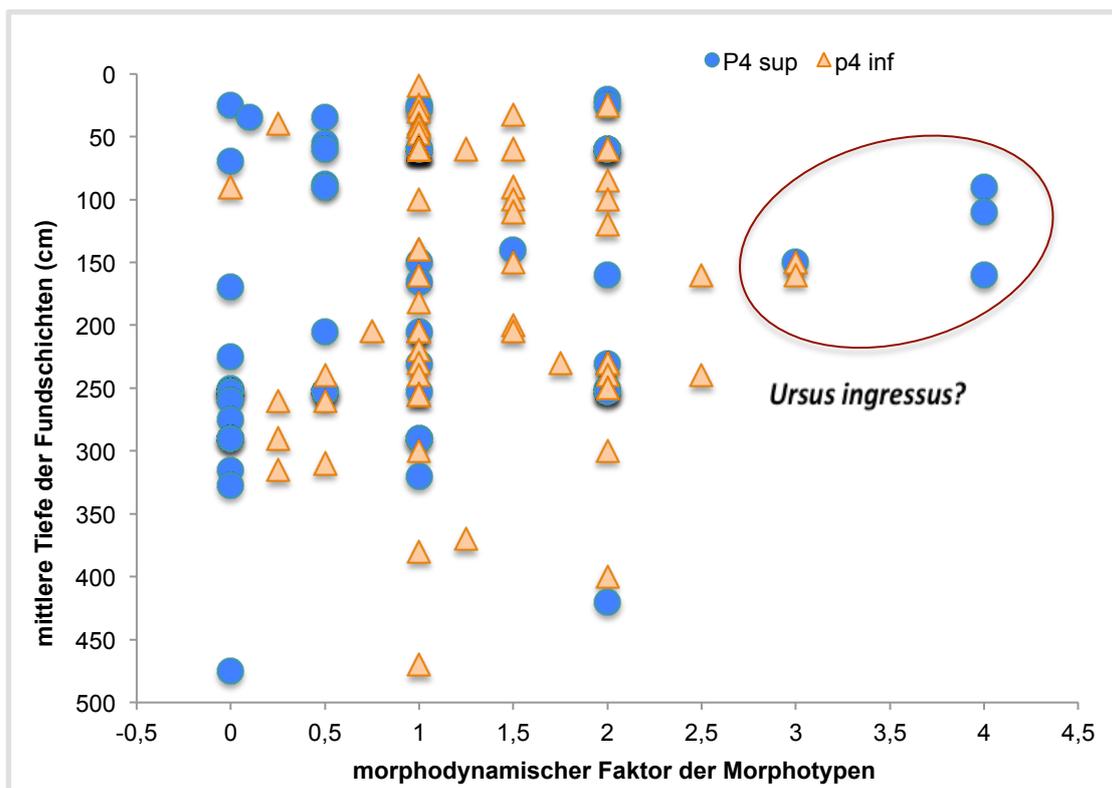


Abbildung 16: Morphodynamischer Faktor der Morphotypen des P4 und p4 in den Fundschichten der Wildkirchlihöhle

Nach den Dimensionen und den morphodynamischen Indices gehört die Fauna des Wildkirchlis nicht zum *Ursus ingressus*-Formenkreis. Es besteht allerdings der Verdacht, dass *Ursus ingressus* im jüngeren Abschnitt der Höhlenbärenzeit in das Wildkirchli eingewandert ist, wie man das auch von der Herdengelhöhle bei Lunz/See (Niederösterreich) kennt. Während es in der genannten Höhle zu einer Ablösung und/oder zu einer Koexistenz von zwei Arten gekommen ist, war die Nutzung der Höhle durch den *U. ingressus* nicht von langer Dauer. In der Sedimenttiefe von 90 bis 160 cm wurden einige Exemplare von Prämolaren gefunden, die nach ihrer Evolutionshöhe von *U. ingressus* stammen dürften. Die restlichen Elemente der p4 und P4 sprechen für *U. s. eremus*. Der vor etwa 55.000 Jahren vor heute aus dem Osten nach Mitteleuropa eingewanderte *U. ingressus* ist also wahrscheinlich bis in das Wildkirchli vorgedrungen: diese Aussage kann nur mit einer DNA-Analyse verifiziert werden, die bis zum heutigen Zeitpunkt noch ausständig ist. Warum bis jetzt kein Resultat vorliegt, liegt daran, dass die Elemente durch die lange Lagerung im Museum St. Gallen gelitten haben. Mag. Christine Frischauf (Institut f. Paläontologie der Univ. Wien) hat in ihrem dreimonatigen Aufenthalt in York die „ancient DNA – Analyse“

erlernt und an einigen Elementen des Wildkirchli versucht. Jedoch ist die DNA-Sequenzierung nicht möglich gewesen, da die Anzahl der DNA-Fragmente durch die trockene und lange Lagerung zu gering war.

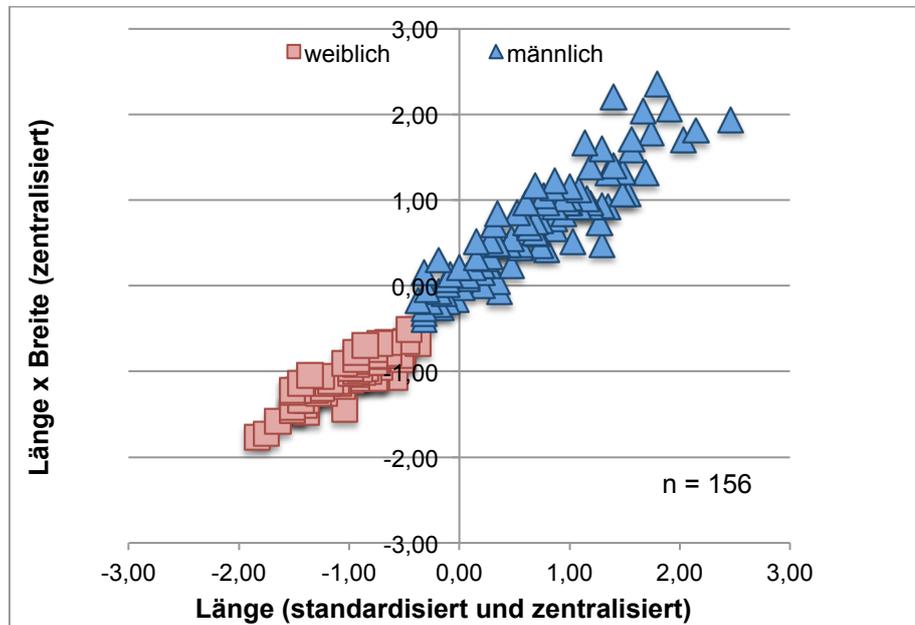


Abbildung 17: Länge aller Canini im Bezug auf das zentralisierte Produkt von Länge und Breite

In der obigen Abbildung 17 unterscheidet man die Kronenlängen aller vorhandenen Canini voneinander. Auf der Abszisse sind die Koordinaten der Länge aller standardisierten und zentralisierten Canini angegeben, auf der Ordinate das Produkt der standardisierten und zentralisierten Längen und Breiten. Alle Werte wurden erstmals standardisiert und zentralisiert. Indem man die standardisierten Werte von den standardisierten Mittelwerten abzieht, ergeben sich zwei Verteilungsareale. Im zweiten Quadranten befinden sich hauptsächlich alle weiblichen Canini, da die weiblichen Canini deutlich kleiner als die männlichen sind. Im ersten Quadranten finden sich fast alle Männlichen, die größer als der standardisierte Mittelwert sind. An Hand von diesem Diagramm lässt sich das Geschlecht gut differenzieren.

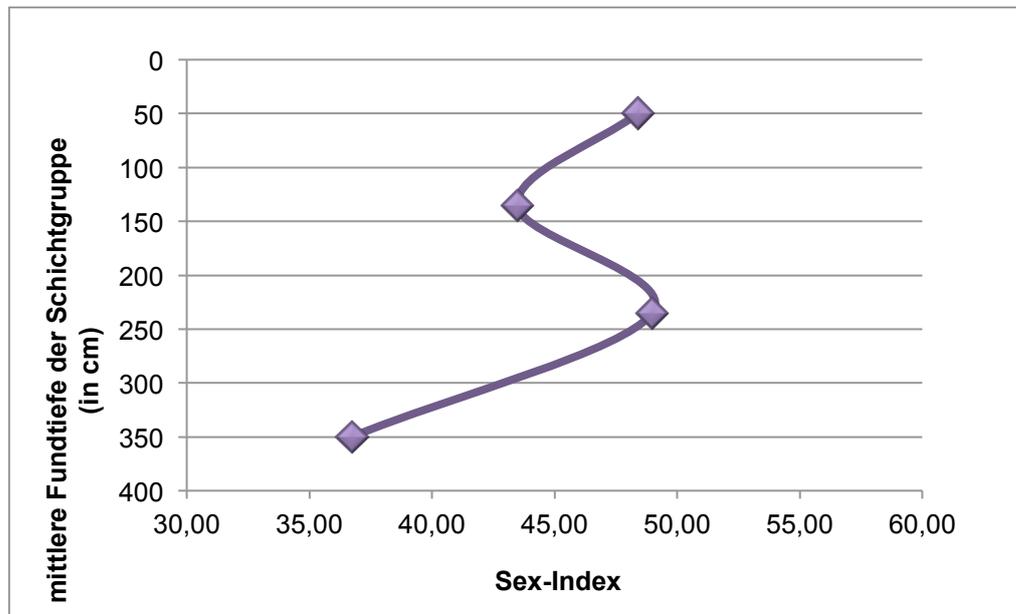


Abbildung 18: Sex-Index in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median	Weiblich	Männlich	Gesamt	SI
0 - 100 cm	50 cm	30	32	62	48,39
100 - 170 cm	135 cm	20	26	46	43,48
170 - 300 cm	235 cm	24	25	49	48,98
300 - 400 cm	350 cm	18	31	49	36,73

Tabelle 13: Sex-Index in Bezug auf die Schichtgruppen

Anhand von der Abbildung Sex-Index ist es möglich die Geschlechtsverhältnisse des Höhlenbären in der Wildkirchli Höhle zu interpretieren. Da man an Hand der Canini am leichtesten die Unterscheidung des Geschlechtes treffen kann, wurden die Canini nach Schichtgruppe und Geschlecht sortiert. Für das Diagramm standen 206 Eckzähne zur Verfügung. In der Schichtgruppe WK4 liegt der Wert des Sex Index bei fast 37 %. Demnach waren 63 % der Wildkirchli-Höhlenbären männlich und 37 % weiblich. Während der nächsten Schichtgruppe WK3, stieg die Anzahl der weiblichen Höhlenbären auf knappe 49 %. In der Schichtgruppe WK2 fiel die Anzahl der weiblichen Höhlenbewohnerinnen um 5 %. In der obersten Schichtgruppe WK1 ist das Geschlechtsverhältnis beinahe ausgeglichen: Der Sex-Index steigt wieder auf 49% an.

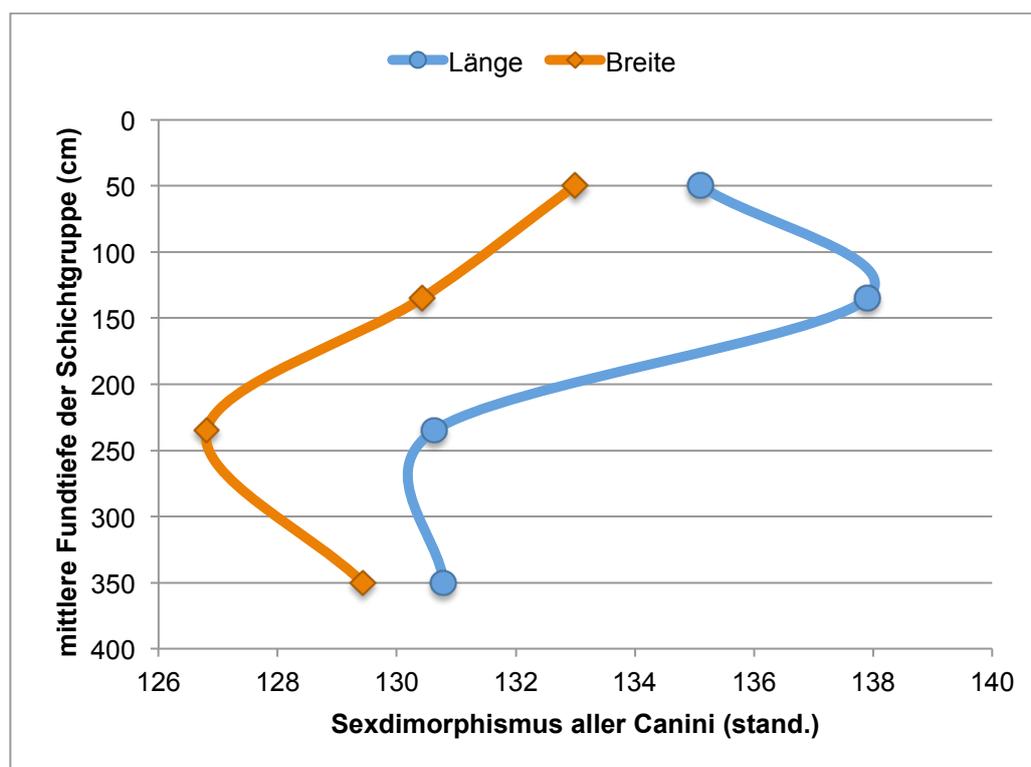


Abbildung 19: Sexdimorphismus – Index in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median	n(f)	n(m)	f Länge	m Länge	SDI Länge	f Breite	m Breite	SDI Breite
0 - 100 cm	50 cm	18	19	20,04	27,08	135,09	15,39	20,47	132,99
100 - 170 cm	135 cm	10	18	19,12	26,37	137,90	15,19	19,81	130,42
170 - 300 cm	235 cm	20	29	19,89	25,98	130,63	15,62	19,81	126,80
300 - 400 cm	350 cm	13	29	19,95	26,09	130,78	15,49	20,05	129,43

Tabelle 14: Sexdimorphismus – Index der Canini in Bezug auf die Schichtgruppen

Der durchschnittliche Größenunterschied wird am besten anhand der weiblichen und männlichen Canini verdeutlicht, der durch eine einfache Formel definiert wird: der standardisierte Mittelwert der männlichen Canini dividiert durch den standardisierten Mittelwert der weiblichen Canini mal Hundert. Da es mehr männliche als weibliche Höhlenbären in Wildkirchli die längste Zeit gab, liegt auch die Länge der Canini signifikant über den 100 %. Die Trendlinie der Länge erreicht ihr Höchstmaß in der Schichtgruppe B mit fast 138 %. Dieser Prozentsatz geht dann im Laufe der Evolution wieder um 3 % zurück, da die Geschlechtsverhältnisse ausgeglichener werden. Die standardisierte Breite aller Canini passt gut zum Diagramm des Sex Index. In der Fundtiefe WK4 liegt der Sexdimorphismus der Breite bei fast 130 % und nimmt bis in die Schichtgruppe WK3 wesentlich ab. Dies geschieht wahrscheinlich dadurch, dass Wildkirchli einen Zuwachs an weiblichen Höhlenbären erlangt. Da die Canini der

Weibchen viel kleiner und schmaler sind, wird auch der Sexdimorphismus geringer. Somit müsste auch dieser Trend von der Schichtgruppe WK2 auf WK1 sichtbar sein. Ist er jedoch nicht. Dies lässt vermuten, dass die Canini des *Ursus ingressus* einen Einfluss auf das Ergebnis nehmen.

4.2 Resultate der Metapodien

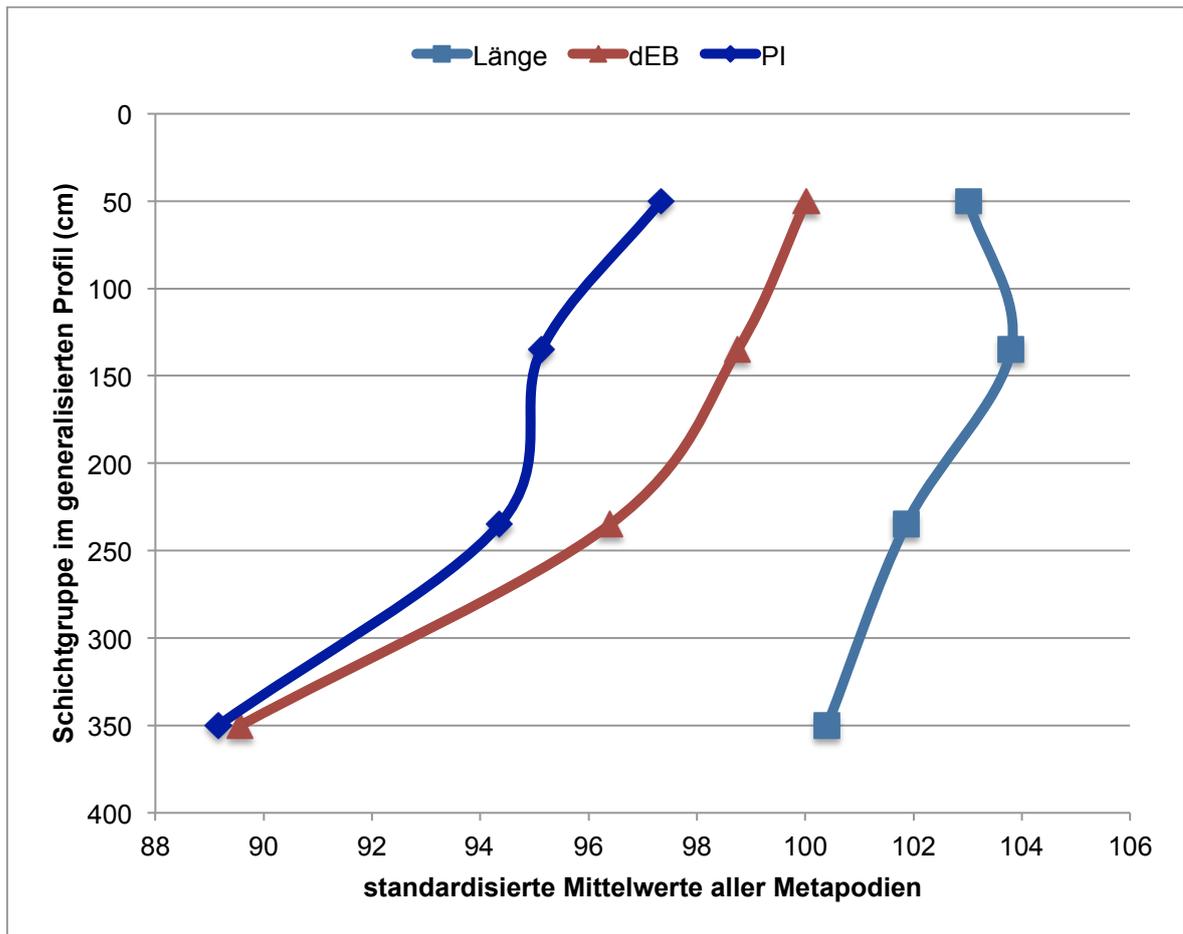


Abbildung 20: Standardisierte Daten der Länge, der distalen Epiphysenbreite und des Plumpeitsindex in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median	Anzahl	Länge	dEB	PI
0 - 100 cm	50 cm	22	103,01	100,01	97,34
100 - 170 cm	135 cm	19	103,80	98,75	95,13
170 - 300 cm	235 cm	35	101,86	96,40	94,35
300 - 400 cm	350 cm	16	100,40	89,57	89,16

Tabelle 15: Standardisierte Daten der Länge, der distalen Epiphysenbreite und des Plumpeitsindex in Bezug auf die Schichtgruppen

Im oberen Diagramm sind die standardisierten Mittelwerte aller Metapodien im Bezug auf die Schichtgruppen eingezeichnet. Im Diagramm werden die Länge, die distale Epiphysenbreite und der Plumpeitsindex dargestellt.

Aufgrund der Daten kann die Nahrungssituation interpretiert werden. Je plumper die Knochen sind, desto weniger ist es wahrscheinlich, dass es sich um ein Raubtier handelt, da jagende Tiere meist schlanke Extremitäten besitzen, welche für mehr Beweglichkeit sorgen. Wenn man das Diagramm genauer betrachtet, sieht man, dass die Höhlenbären in Wildkirchli durch die Jahre plumper, länger und stark an distaler Epiphysenbreite

zugenommen haben. In der Schichtgruppe WK4 liegt der Plumpheitsindex bei circa 89,16 %, die distale Epiphysenbreite bei 89,57 % und die Gesamtlänge der Metapodien bei 100,40 %. Die letzte Dimension, die Länge, ist durchgehend größer als beim Gamssulzenbären. In der nächsten Schichtgruppe WK3 nehmen die Daten in allen drei Komponenten deutlich zu. Der Plumpheitsindex liegt bei 94,35 %, die distale Epiphysenbreite bei 96,40 % und die Länge bei 101,86 %. Zur nächsten Schichtgruppe WK2 nehmen alle Daten weiterhin zu. Der PI um fast 1 %, die dEB um mehr als 2 % und die Länge auch um 2 %. Die jüngste Schichtgruppe WK1 enthält im Durchschnitt die plumpsten, breitesten und längsten Elemente. Der Plumpheitsindex beträgt 97,34 %, die distale Epiphysenbreite 100,01 % und die Gesamtlänge 103,01 %.

4.3 Run – Chew Korrelation

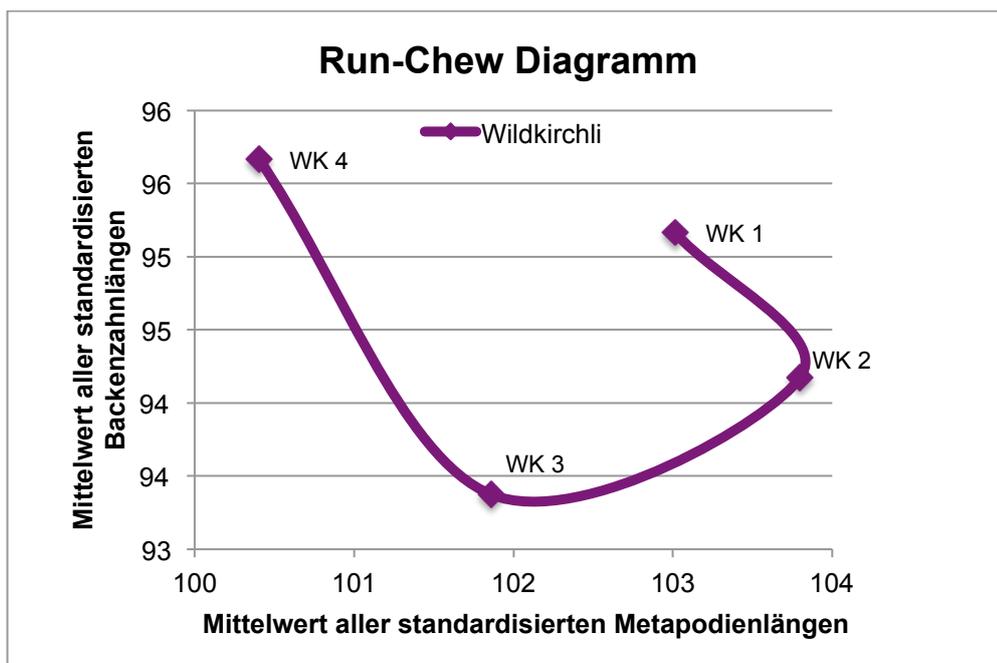


Abbildung 21: Run – Chew – Index in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppen	Median	n(Mp)	n(M)	MW Metapodienlängen	MW Backenzahnlängen
0 - 100 cm	50 cm	22	97	103,01	95,17
100 - 170 cm	135 cm	19	47	103,80	94,17
170 - 300 cm	235 cm	35	121	101,86	93,37
300 - 400 cm	350 cm	16	74	100,40	95,67

Tabelle 16: Run – Chew – Index in Bezug auf die Schichtgruppen. Abk.: n(Mp): Anzahl der Metapodien, n(M): Anzahl der Molaren

In den Alpen sind drei Höhlenbärentaxen bekannt: *U. eremus*, *U. iadinicus* und *U. ingressus*. Durch den Run – Chew – Index klaffen die Arten im Diagramm auseinander, weil sich die Extremitäten in Korrelation zu den Backenzähnen unterschiedlich bei den Arten verändern. Die Messdaten der Wildkirchlihöhle wurden nochmals in die vier bekannten Schichtgruppen geteilt. Die älteste Schichtgruppe, von 300 – 400 cm, wird mit der Nummer 4 gekennzeichnet, die jüngste, von 0 – 100 cm, mit der Nummer 1.

Im nachstehenden Diagramm werden die Mittelwerte der standardisierten Zahnlängen den Mittelwerten der standardisierten Metapodienlängen gegenüber gestellt (Abb. 22). Als Standard werden die Daten aus der Gamssulzenhöhle verwendet (Rabeder, 1999; Withalm, 2001).

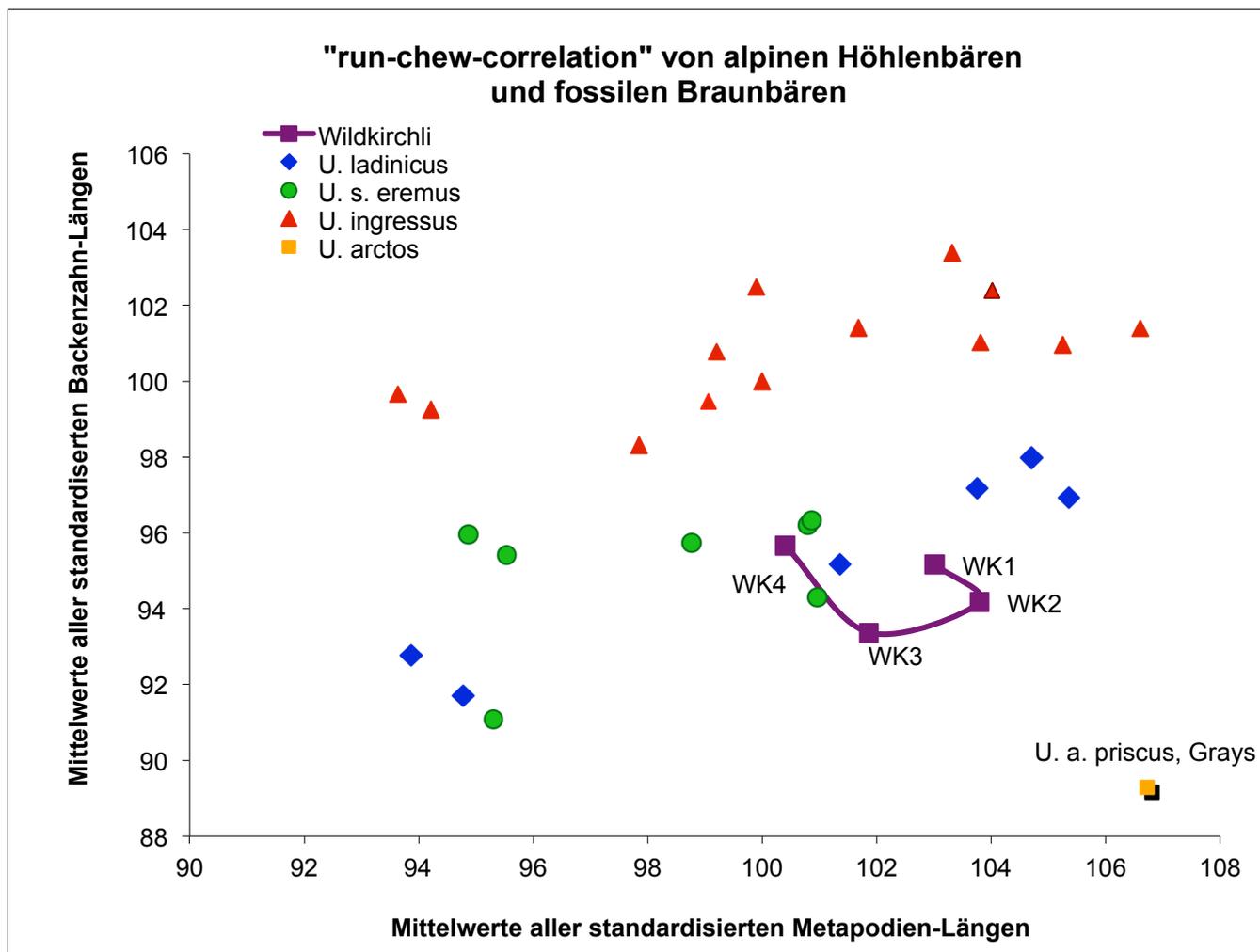


Abbildung 22: Run – Chew – Index (Mittelwerte aller Metapodienlängen/Mittelwerte aller Backenzahnlängen (stand.))

Aus Abbildung 22 ist ersichtlich, dass die Daten der Wildkirchlihöhle teilweise im Cluster von *U. ladinicus* und teilweise im Cluster von *Ursus eremus* liegen. Die Daten zeigen eine relativ große Metapodienlänge mit relativ kleiner Gebisslänge. Es kam im Laufe des Profils zu einer beträchtlichen Verlängerung der Metapodien, die mit einer starken Verbreiterung gekoppelt ist (s. Abb. 23). Die Verplumpung der Extremitäten lässt vermuten, dass sich das Körpergewicht erhöht hat, was wieder mit einer Optimierung der Ernährungslage erklärt werden kann.

5. Diskussion

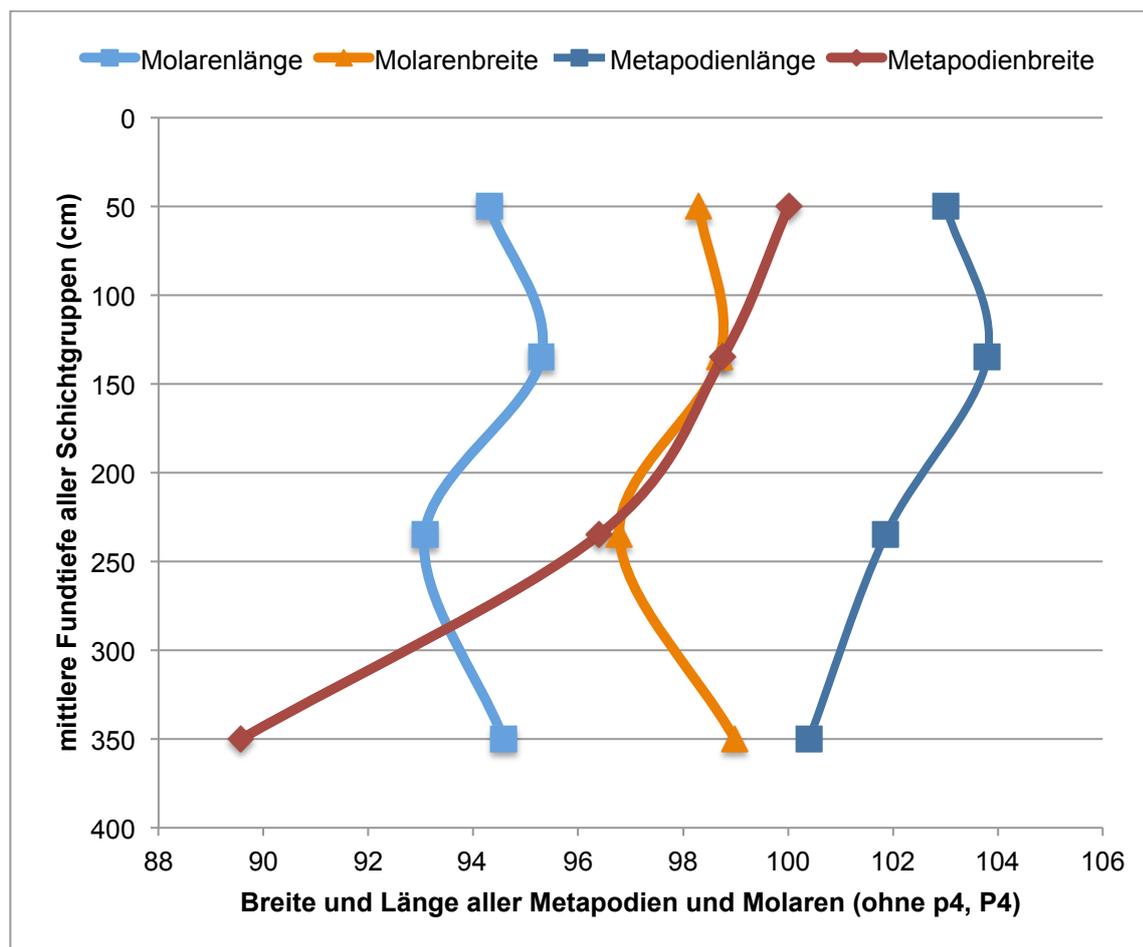


Abbildung 23: Länge und Breite aller Metapodien und Molaren ohne Prämolaren in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppe	n(Mp)	n(Mo)	Metapodienlänge	Metapodienbreite	Molarenlänge	Molarenbreite
0 - 100 cm	22	97	103,01	100,01	94,31	98,31
100 - 170 cm	19	47	103,80	98,75	95,30	98,70
170 - 300 cm	35	121	101,86	96,40	93,07	96,78
300 - 400 cm	16	74	100,40	89,57	94,58	98,99

Tabelle 17: Länge und Breite aller Metapodien und Molaren ohne Prämolaren in Bezug auf die Schichtgruppen

Aus Abbildung 23 ist ersichtlich, dass Molarenlänge- und breite parallel verlaufen. Die Werte können daher als allgemeines Maß für die Körpergröße verwendet werden und lassen sich mit dem Sex-Index erklären. Nimmt die prozentuelle Anzahl der weiblichen Tiere zu, so nehmen Molarenlänge- und breite ab. Nimmt die prozentuelle Anzahl der männlichen Tiere zu, steigen auch Molarenlänge- und breite an. Die Dimensionen der Metapodien verhalten sich hier anders. Die Metapodienbreite nimmt von der Schichtgruppe WK4 bis WK1 stark zu. Die Breite erreicht in der Schichtgruppe WK1

die Werte des Gamssulzenbären, wobei die wahrscheinliche Immigration des *U. ingressus* in dieser Schicht beachtet werden sollte. Die Metapodienlänge beginnt in der Schichtgruppe WK4 bereits in einem höheren Niveau als es für den Gamssulzenbären zutrifft. Im Laufe des Profils kommt es auch hier zu einer deutlichen Zunahme der Metapodienlänge. Aufgrund der starken Zunahme der Metapodiendimensionen, besonders Breite, könnte es in der Evolution des Profils zu einer Verbesserung des Klimas gekommen sein, die man jedoch aufgrund fehlender Daten, wie zum Beispiel Zeit, nicht beweisen kann.

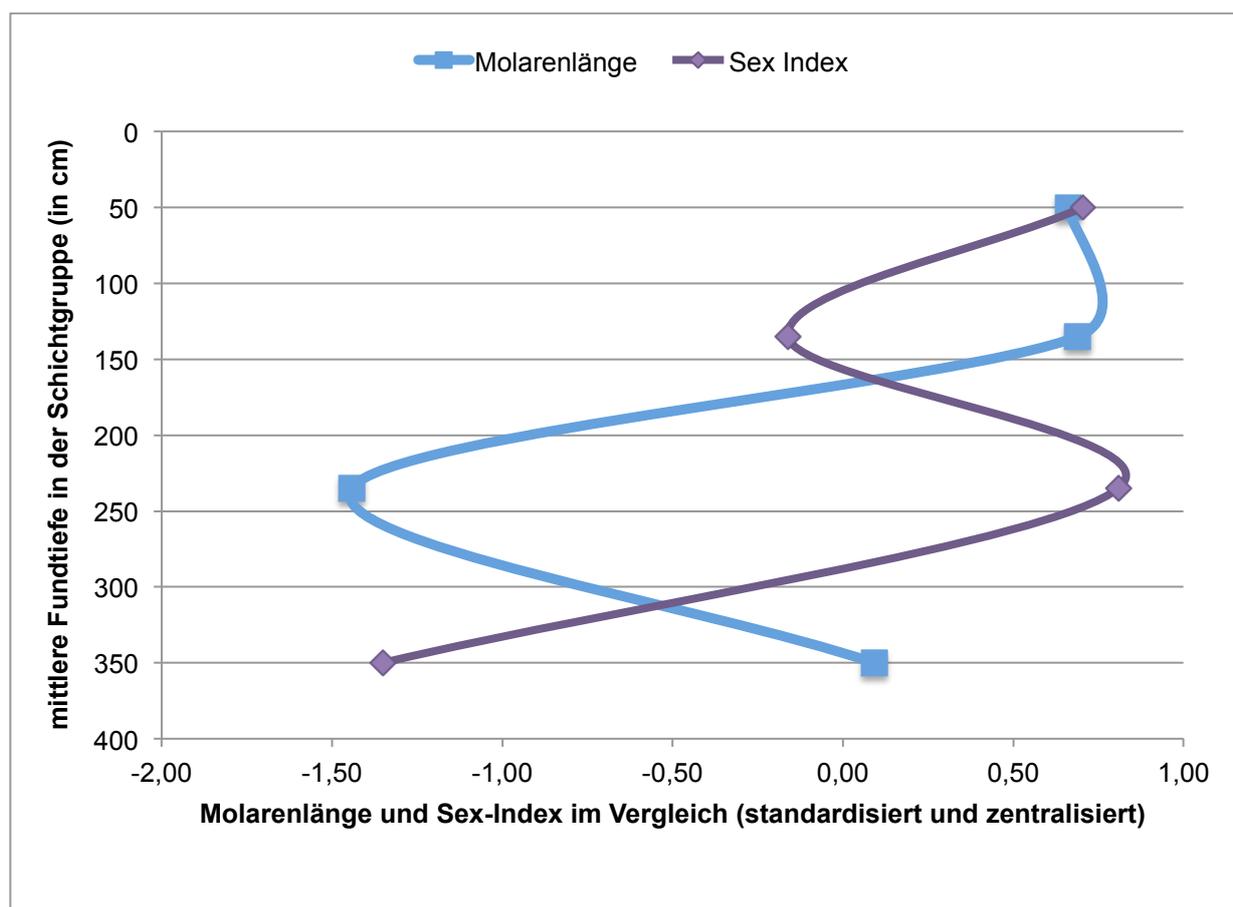


Abbildung 24: Molarenlänge und Sex-Index im Vergleich in Bezug auf die Schichtgruppen

Schichtgruppe	n(Molaren)	n(Sex-Index)	Molarenlänge	Sex-Index
0 - 100 cm	97	62	0,66	0,70
100 - 170 cm	47	46	0,69	-0,16
170 - 300 cm	121	49	-1,44	0,81
300 - 400 cm	74	49	0,09	-1,35

Tabelle 18: Molarenlänge und Sex-Index im Vergleich in Bezug auf die Schichtgruppen

Ein enger Zusammenhang besteht zwischen Sex-Index und Molarenlängen, was durch den Sexdimorphismus zu erklären ist. Weibliche Bären haben im Durchschnitt um 10 % kleinere Molaren.

Ob der Sex-Index mit dem Klima zusammenhängt, kann nur vermutet werden.

6. Conclusio

Die metrische und morphologische Aufnahme der Bärenreste in der Wildkirchlihöhle zeigen eindeutige Veränderungen im Profil:

1. Die aufgenommenen Mittelwerte der Daten schwanken im Profil beträchtlich.
2. Die Dimensionen der Zähne nehmen von der Schichtgruppe WK 4 zu WK 3 ab. Danach folgt eine Zunahme zur Schichtgruppe WK2 und eine neuerliche Abnahme zu WK1.
3. Der Verlauf der Molarenkurven, welche ein Maß der Körpergröße darstellen, zeigt eine Korrelation mit dem Sex-Index: Bei einer Zunahme der prozentuellen Häufigkeit weiblicher Tiere, verringern sich die Mittelwerte der Molarenlängen und umgekehrt.
4. Die Größenverhältnisse des m3 zum m2 nahmen einen überaus interessanten Verlauf. Vom Schichtpaket WK4 sinkt der m3/m2-Index bis zum Schichtpaket WK2 dramatisch ab, um dann zum WK1 wieder anzusteigen. Dieser Index ist nicht abhängig von der Körpergröße, sondern ist ein Maß für die Evolution des Gebisses. Daher kann vermutet werden, dass sich das Nahrungsangebot in der Zeit vom WK4 zum WK1 verbessert hat.
5. Die Dimensionen der Metapodien nehmen dagegen im Verlauf des Profils durchgehend zu.
6. Die starke Zunahme des Plumpeits-Index kann als Verbesserung der Lebensbedingungen in der Umgebung der Höhle gedeutet werden. Dies geht auch aus dem run-chew-Diagramm (s. Abb. 22) hervor.
7. Eine relative Verschlechterung des Klimas ist für die Bildungszeit des Schichtkomplexes WK1 anzunehmen (Abb. 14, 21, 22, 23).
8. Aufgrund der Dimensionen der Zähne und Metapodien ist zu erkennen, dass die Höhlenbären des Wildkirchli entweder dem Taxon *U. ladinicus* oder *U. spelaeus eremus* angehören.
9. Die Immigration des *U. ingressus* lässt sich nur an den hochevolvierten Morphotypen der Prämolaren in der Schichtgruppe WK1 erkennen.

7. Zusammenfassung

Das Wildkirchli ist die bekannteste alpine Bärenhöhle und liegt im Massiv des Säntis im Kanton Appenzell Innerrhoden. Durch die langjährigen Grabungen vom St. Gallener Archäologen Emil Bächler wurden neben Steinartefakten und Werkzeugen des paläolithischen Menschen auch viele Knochen von Höhlenbären entdeckt. Das Höhlenbärenmaterial wurde vor kurzem in Kooperation mit dem Naturmuseum St. Gallen und dem Institut für Paläontologie der Universität Wien metrisch und morphologisch bearbeitet.

Zuerst wurde anhand der Protokolle der Bereich der Fundtiefe des jeweiligen Elements bestimmt. Die Daten wurden anschließend nach den Mittelwerten der Tiefen geordnet. Um die Daten vergleichen zu können, wurden diese standardisiert. Als Standardfauna dienen die Mittelwerte von *U. ingressus* aus der Gamssulzenhöhle. Es wurden Diagramme sowohl zu Länge und Breite aller Zähne, sowie Metapodien, als auch der morphodynamische Faktor der Prämolaren, der Sex-Index, der Sexdimorphismus und der Run-Chew-Index erstellt. Um den Sex-Index mit den Molarenelementen besser vergleichen zu können, wurden diese standardisierten Daten zusätzlich zentralisiert.

Auf Grund der groben Stratigraphie in den Fundangaben und der Anzahl der überlieferten Elemente wurden nun vier große Fundeinheiten zusammengefasst, um mögliche evolutive Vorgänge zu erforschen:

Schichtgruppe WK1 = 0 – 100 cm, Schichtgruppe WK2 = 100 – 170 cm,
Schichtgruppe WK3 = 170 – 300 cm, Schichtgruppe WK4 = 300 – 400 cm

Die Veränderungen der genannten Parameter wurden im Verlauf des Profils studiert. Daraus wurde versucht, Schlussfolgerungen über klimatische Veränderungen der Höhlenumgebung und das wechselnde Geschlechtsverhältnis der Bären zu ziehen.

8. Abstract

Wildkirchli is the best-known alpine bear cave, situated in the massif Säntis in the swiss canton Appenzell Innerrhoden. Through a period of many years, the St. Gallen archeologist Emil Bächler found stone artefacts and tools of the paleontological human during his excavations, but also many bones of the cave bear.

The excavations stemming from the cave bear have recently been metrically and morphologically examined by the St. Gallen museum of natural history and the Institute of Paleontology of the University of Vienna.

First, the depth of the excavation of each element was determined pursuant to the existing protocols. The resulting data was then grouped in the order of the mean value of the respective depths. To be able to compare the data, they were standardized. The mean values of the standard fauna to compare with was chosen to be the *Ursus ingressus* from the Gamssulzenhöhle.

Diagrams have been created for the length and width of all teeth, metapodial bones, the morphodynamic factor of the premolars, the sex-index, sexdimorphism and the run-chew-index. For the sake of better comparability of the sex-index with the teeth, the standardized data was additionally centralized.

Due to the schematic stratigraphy in the records concerning the discovery and the number of recorded elements, four main units of discovery were grouped together in order to facilitate a possible exploration of the evolutive processes:

profile unit WK1 = 0 - 100cm, profile unit WK2 = 100 – 170 cm, profile unit WK3 = 170 – 300 cm, profile unit WK4 = 300 – 400 cm

Based on this, conclusions were drawn regarding the interplay between climate changes within the area of the cave and the altering sexual relations of the bears.

9. Literaturverzeichnis

BÄCHLER, E., 1906. Die prähistorische Kulturstätte in der Wildkirchli-Ebenalphöhle. Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali **89** (1906): 347 – 420.

Bächler, E. 1940

BÄCHLER, E., 1936. Das Wildkirchli: Eine Monographie. – St. Gallen.

BÄCHLER, H., 1957. Die Altersgliederung der Höhlenbärenreste im Wildkirchli, Wildenmannlisloch und Drachenloch. Quartär 9 .

FRISCHAUF, C., 2009. Die Ochsenhalzhöhle im Toten Gebirge (Steiermark); Dipl.-Arbeit, Inst. Paläont. Univ. Wien.

FRISCHAUF, C., PACHER, M. & RABEDER, G., 2011. Wildkirchli - 1. Zwischenbericht über die Präparation und morphometrische Aufnahme des Höhlenbärenmaterials. – unveröffentlichter Bericht am Naturmuseum St, Gallen.

FRISCHAUF, C., PACHER, M. & RABEDER, G., 2013. Wildkirchli – Endbericht über die Präparation und morphometrische Aufnahme des Höhlenbärenmaterials aus dem Wildkirchli 2011 - 2013. – unveröffentlichter Bericht am Naturmuseum St, Gallen.

FRISCHAUF, C. & RABEDER, G., 2011. Sexual dimorphism and altitude. – Correlation between the sexual dimorphism index of cave bears and altitude of the habitat. – 17th Int. Cave Bear Symposium, Einhornhöhle. Abstr.: 11-1.

RABEDER, G., 1992. Das Evolutionsniveau der Höhlenbären aus dem Nixloch bei Losenstein-Ternberg (O.Ö.). – Mitt. Komm. Quartärforsch., **8**: 133-141, Wien.

RABEDER, G., 1995 (ed.) Die Gamssulzenhöhle im Toten Gebirge. – Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss. **9**: 1-133, Wien.

RABEDER, G., 1999. Die Evolution des Höhlenbärengebisses. – Mitt. Komm. Quartärforsch., **11**: 1-102, Wien.

RABEDER, G., HOFREITER, M., NAGEL, D. WITHALM, G. (2004): New Taxa of Alpine Cave Bears (Ursidae, Carnivora). - Cahiers scientif. / Dép. Rhône - Mus. Lyon, Hors série n° 2 (2004): 49-67.

RABEDER, G. & HOFREITER, M. 2004. Der neue Stammbaum der Höhlenbären. – Die Höhle **55**, 1-4: 58-77, Wien.

RABEDER, G., DEBELJAK, I., HOFREITER, M. & WITHALM, G., 2008. Morphological responses of cave bears (*Ursus spelaeus* group) to high-alpine habitats. — Die Höhle, 59,(1-4): 59–72, Wien.

RABEDER, G., PACHER, M., WITHALM, G. 2010. Early pleistocene bear remains from Deutsch-Altenburg (lower Austria); Mitt. Quartärkomm. Österr. Akad. Wiss. 17: 60

SCHMID, E., 1977. Zum Besuch der W.-Höhlen. – Mitteilungsblatt der Schweizerischen Geschichte für Ur- und Frühgeschichte, **8**: 2-12.

WITHALM, G., 2001. Die Evolution der Metapodien in der Höhlenbären-Gruppe (Ursidae, Mammalia). – Beitr. Paläont., **26**: 169-249, 79 Abbildungen, 18 Tabellen, 2 Tafeln, Wien.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wildkirchli mit Brücklein zur Zeit der Eremiten. Kolorierter Kupferstich von G. Lory (nach Bächler 1936).....	2
Abbildung 2: Lage des Wildkirchlis im Säntis.....	7
Abbildung 3: Profil im Wildkirchli – Altarhöhle und Kellerhöhle mit einem vermutlichen Zusammenhang, graphisch dargestellt von Gernot Rabeder und Martina Sesar	9
Abbildung 4: Unterschied in der Größe der weiblichen und männlichen Canini in der Schichtgruppe 1	16
Abbildung 5: Verteilung der standardisierten m_3 im Profil	17
Abbildung 6: Vergleich der standardisierten Molarenbreiten– und längen in den Schichtgruppen	18
Abbildung 7: Vergleich der standardisierten m_1 – Breiten und –Längen in den Schichtgruppen	19
Abbildung 8: Vergleich der standardisierten m_2 – Breiten und –Längen in den Schichtgruppen	20
Abbildung 9: Vergleich der standardisierten m_3 – Breiten und –Längen in den Schichtgruppen	21
Abbildung 10: Vergleich der standardisierten M_1 – Breiten und –Längen in den Schichtgruppen	22
Abbildung 11: Vergleich der standardisierten M_2 - Breiten und -Längen in den Schichtgruppen	22
Abbildung 12: Vergleich der standardisierten p_4 –Breiten und –Längen in den Schichtgruppen	24
Abbildung 13: Vergleich der standardisierten P_4 –Breiten und Längen in den Schichtgruppen	24
Abbildung 15: Vergleich der standardisierten und zentralisierten M_2/M_1 – Indexbreiten und – längen in den Schichtgruppen.....	27
Abbildung 16: Morphodynamischer Faktor der Morphotypen des P_4 und p_4 in den Fundschichten der Wildkirchlihöhle.....	28
Abbildung 17: Länge aller Canini im Bezug auf das zentralisierte Produkt von Länge und Breite.....	29
Abbildung 18: Sex-Index in Bezug auf die Schichtgruppen	30
Abbildung 19: Sexdimorphismus – Index in Bezug auf die Schichtgruppen	31
Abbildung 20: Standardisierte Daten der Länge, der distalen Epiphysenbreite und des Plumpeitsindex in Bezug auf die Schichtgruppen	33
Abbildung 21: Run – Chew – Index in Bezug auf die Schichtgruppen.....	35

Abbildung 22: Run – Chew – Index (Mittelwerte aller Metapodienlängen/Mittelwerte aller Backenzahnlängen (stand.)	36
Abbildung 23: Länge und Breite aller Metapodien und Molaren ohne Prämolaren in Bezug auf die Schichtgruppen.....	37
Abbildung 24: Molarenlänge und Sex-Index im Vergleich in Bezug auf die Schichtgruppen...	38

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der verwendeten Metapodien	12
Tabelle 2: Anzahl der verwendeten Zähne	12
Tabelle 3: Vergleich der standardisierten Molarenbreiten- und -längen in den Schichtgruppen	18
Tabelle 4: Vergleich der standardisierten m1 – Breiten und – Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	19
Tabelle 5: Vergleich der standardisierten m2 – Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	20
Tabelle 6: Vergleich der standardisierten m3 –Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	21
Tabelle 7: Vergleich der standardisierten M1 –Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	22
Tabelle 8: Vergleich der standardisierten M2 –Breiten und Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	23
Tabelle 9: Vergleich der standardisierten p4 –Breiten und –Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	24
Tabelle 10: Vergleich der standardisierten P4 –Breiten und Längen in Bezug auf die Schichtgruppen	25
Tabelle 11: Vergleich der standardisierten und zentralisierten m3/m2 – Indexbreiten und -längen in Bezug auf die Schichtgruppen.....	26
Tabelle 12: Vergleich der standardisierten und zentralisierten M2/M1 – Indexbreiten und –längen in Bezug auf die Schichtgruppen.....	27
Tabelle 13: Sex-Index in Bezug auf die Schichtgruppen	30
Tabelle 14: Sexdimorphismus – Index der Canini in Bezug auf die Schichtgruppen.....	31
Tabelle 15: Standardisierte Daten der Länge, der distalen Epiphysenbreite und des Plumpheitsindex in Bezug auf die Schichtgruppen	33
Tabelle 16: Run – Chew – Index in Bezug auf die Schichtgruppen	35
Tabelle 17: Länge und Breite aller Metapodien und Molaren ohne Prämolaren in Bezug auf die Schichtgruppen	37
Tabelle 18: Molarenlänge und Sex-Index im Vergleich in Bezug auf die Schichtgruppen.....	38

12. Curriculum vitae

Name:	Martina Sesar
Geburtsort:	Wien
Eltern:	Mirjana Sesar Zlatko Sesar
Geschwister:	Markus Sesar
Staatsangehörigkeit:	Österreich
Konfession:	römisch-katholisch
Schulbildung:	1995 – 1999 VSI Bendagasse, Wien 1999 – 2003 AHS St. Ursula, Wien 2003 – 2007 ORG St. Ursula, Wien 2007 – 2014 Studium Lehramt Biologie und Umweltkunde und Mathematik, Universität Wien
Sprachkenntnisse:	Kroatisch, Deutsch, Englisch, Spanisch, Latein
Berufserfahrung:	
Jänner 2006	Krankenhaus Liesing, Schulpraktikum
Oktober 2006	Firma AUA, Schulpraktikum
2007 – 2011	Tanzschule Stanek, Kellnerin
2010 – 2012	Reformhaus Buchmüller, Verkauf
Okt. 2012 – Juni 2015	Interface Wien, Lernhilfelehrerin
Sept. 2013 - heute	St. Ursula Wien, Anstellung als Sondervertragslehrerin